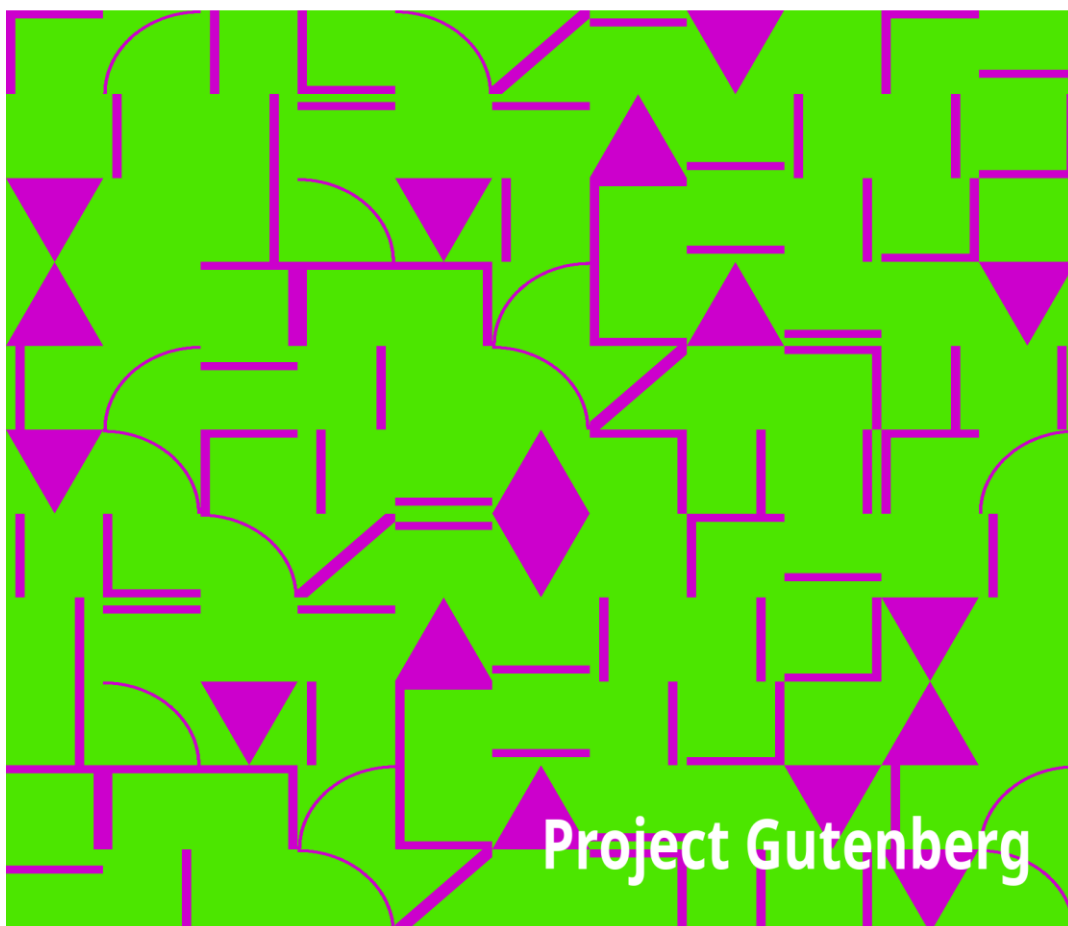


Очерки истории Земли. Популярное физиологическое исследование

Натаниэль Саутгейт Шалер

Outlines of the Earth's History: A Popular Study in Physiography

Nathaniel Southgate Shaler



Содержание

[ПРЕДИСЛОВИЕ.](#)

[Содержание.](#)

[СПИСОК ИЛЛЮСТРАЦИЙ НА ВСЮ СТРАНИЦУ.](#)

[ГЛАВА I. введение в изучение природы.](#)

[ГЛАВА II. пути и средства изучения природы.](#)

[ГЛАВА III. звездное царство.](#)

[Движение сфер.](#)

[Солнечная система.](#)

[Строение Солнца.](#)

[ГЛАВА IV. земля.](#)

[ГЛАВА V. атмосфера.](#)

[Бушующие штормы.](#)

[Система вод.](#)

[Океанские течения.](#)

[Круговорот дождя.](#)

[Геологическая работа воды.](#)

[Озера.](#)

[ГЛАВА VI. ледники.](#)

[ГЛАВА VII. работа подземных вод.](#)

[Вулканы.](#)

[ГЛАВА VIII. почва.](#)

[ГЛАВА IX. горные породы и их порядок.](#)

[Землетрясения.](#)

[Продолжительность геологического времени.](#)

[Луна.](#)

[Методы изучения геологии.](#)

Указатель.

ПОЛНАЯ ЛИЦЕНЗИЯ PROJECT GUTENBERG

Электронная книга проекта "Гутенберг" Очерки истории Земли: популярное исследование по физиографии

Эта электронная книга предназначена для использования любым человеком в любой точке Соединенных Штатов и в большинстве других частей мира бесплатно и практически без каких-либо ограничений. Вы можете скопировать его, раздать или повторно использовать в соответствии с условиями лицензии Project Gutenberg, прилагаемой к этой книге, или онлайн по адресу www.gutenberg.org. Если вы находитесь за пределами Соединенных Штатов, вам необходимо ознакомиться с законами страны, в которой вы находитесь, прежде чем использовать эту электронную книгу.

Название: Очерки истории Земли: Популярное физиологическое исследование

Автор: Натаниэль Саутгейт Шалер

Дата выхода: 12 июня 2006 [Электронная книга №18562]

Язык: Английский

В титрах: Продюсерами выступили Брендан Лейн, Риикка Талонпойка, Йерун ван Луин и команда онлайн-редакторов по адресу <http://www.pgdp.net>

*** НАЧАЛО ПРОЕКТА ЭЛЕКТРОННОЙ КНИГИ ГУТЕНБЕРГА "ОЧЕРКИ ИСТОРИИ ЗЕМЛИ: ПОПУЛЯРНОЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ" ***



Дюны в Ипсвич Лайт, Массачусетс. Обратите внимание на эффект кустарников, задерживающих движение песка, переносимого ветром.

ОЧЕРКИ ИСТОРИИ ЗЕМЛИ

ПОПУЛЯРНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ В ОБЛАСТИ ФИЗИОГРАФИИ

АВТОР : НАТАНИЭЛЬ САУТГЕЙТ ШАЛЕР

ПРОФЕССОР ГЕОЛОГИИ ГАРВАРДСКОГО УНИВЕРСИТЕТА, ДЕКАН НАУЧНОЙ ШКОЛЫ
ЛОУРЕНСА

ИЛЛЮСТРИРОВАНО УКАЗАТЕЛЕМ

НЬЮ - ЙОРК И ЛОНДОН

Д. ЭППЛТОН И КОМПАНИЯ

1898, 1910

ПРЕДИСЛОВИЕ.

Цель этой книги - дать новичку в изучении истории Земли общий отчет о тех действиях, которые могут быть легко поняты и которые позволят ему ясно понять природу процессов, создавших эту и другие небесные сферы. Целью автора было отобрать те серии фактов, которые служат для демонстрации непрерывного действия энергии, чтобы читатель мог составить более верное представление о природе этой сферы, чем он может получить из обычных учебников.

При обычном методе представления элементов истории земли факты излагаются таким образом, что учащийся воспринимает эту историю как в некотором смысле завершенную. Естественное предположение о том, что видимая вселенная представляет собой нечто совершившееся, а не нечто бесконечно совершающееся, таким образом, подтверждается, в результате чего человек может не получить самого большого и поучительного впечатления, которое может дать ему физическая наука в смысле быстрого и нескончаемого хода событий.

Всем, кто знаком с историей геологии, хорошо известно, что статическая концепция земли — идея о том, что ее существующее состояние является конечным продуктом сил, которые больше не действуют, — привела к предрассудкам, которые долгое время тормозили и, действительно, все еще тормозят прогресс этой науки. Этот факт указывает на то, что в начале работы студента в этой области его следует остерегаться от подобных заблуждений. Единственный способ достичь цели - это донести до понимания начинающего четкое представление о последовательности событий, которые вызваны силами, действующими в этой сфере и над ней. Из всех глав этой великой истории та, которая относится к истории работы, проделанной солнечным теплом, является самой интересной и пробуждающей. Поэтому была предпринята попытка представить великие последовательные шаги, посредством которых солнечная энергия воздействует на процессы, происходящие в воздухе и воде.

Интерес новичка в геологии, несомненно, пробудится, когда он увидит, как сильно история земли влияла на судьбы людей. Поэтому целью было, по возможности, показать, каким образом геологические процессы и результаты связаны с нами; одним словом, как эта земля была благоустроенным питомником нашего вида.

Все, кто занимается преподаванием элементарных наук, осознают необходимость ограничивать историю, которую они должны рассказывать, теми истинами, которые могут быть легко поняты новичками. Иногда лучше всего, например, при изложении таких сложных вопросов, как вопросы, касающиеся приливов, давать объяснения, которые далеки от полноты и которые в отношении способа их изложения были бы открыты для критики, если бы не тот факт, что любые более подробные утверждения, скорее всего, были бы непонятны новичку, что сводило бы на нет цель учителя.

Следует заметить, что здесь не дается никакого отчета о геологических эпохах или о последовательностях органической жизни. Главы на эти темы были подготовлены, но были опущены по той причине, что они делают рассказ слишком длинным, а также потому, что они вводят читателя в область гораздо большей сложности, чем та, которую можно найти в физической истории Земли.

НСБ

Март 1898 года.

Содержание.

I.— [ВВЕДЕНИЕ В ИЗУЧЕНИЕ ПРИРОДЫ](#)

II.— [Пути и средства изучения природы](#)

III.— [ЗВЕЗДНОЕ ЦАРСТВО](#)

IV.— [ЗЕМЛЯ](#)

V.— [АТМОСФЕРА](#)

VI.— [Ледники](#)

VII.— [РАБОТА ПОДЗЕМНЫХ ВОД](#)

VIII.— [Почва](#)

IX.— [Горные породы и их порядок](#)

СПИСОК ИЛЛЮСТРАЦИЙ НА ВСЮ СТРАНИЦУ.

Дюны в Ипсвич-Лайт, Массачусетс

Скалы Тюленей близ Сан-Франциско, Калифорния

Лавовый поток на Гавайских островах, впадающий в море

водопад близ Гадсдена, Алабама

Южный берег, Мартас-Винъярд, Массачусетс

Покет-Крик, Кейп-Энн, Массачусетс

Ледник Мьюир, Аляска

Перед ледником Мьюир

Гора Этна, видна вблизи Катании

Горное ущелье, Гималаи, Индия

ГЛАВА I.

ВВЕДЕНИЕ В ИЗУЧЕНИЕ ПРИРОДЫ.

Цель этой книги - дать студенту, который собирается приступить к изучению естественных наук, некоторое общее представление об условиях царства природы. Поскольку эта область исследований обширна, можно будет лишь в общих чертах обрисовать ее предмет, отметив только те черты, которые представляют исключительный интерес, которые требуются для более глубокого понимания места человека в этом мире или которые относятся к его жизненным обязанностям.

При вступлении в любую область исследования наиболее желательно, чтобы изучающий получил некоторое представление о путях, которыми люди пришли к знаниям, которыми они обладают относительно окружающего их мира. Поэтому будет полезно кратко обрисовать шаги, благодаря которым естественная наука стала тем, что она есть. Поступая таким образом, мы поймем, сколь многим мы обязаны студентам других поколений; а отмечая трудности, с которыми они сталкивались, и то, как они их избегали, нам будет легче найти наш собственный путь к знаниям.

Первобытные дикари, которые были предками всех людей, какими бы цивилизованными они ни были, изучали Природу. Остатки этих скромных людей, оставшиеся в разных частях света, показывают нам, что человек просуществовал недолго, прежде чем начал придумывать какое-то объяснение хода событий во внешнем мире. Наблюдая восход и закат солнца, изменения положения луны, смену времен года, непрерывное движение рек и морей и другие более или менее упорядоченные последовательности событий, наши первобытные предки были вынуждены изобрести какое-то объяснение им. Независимо друг от друга и во многих разных временах и местах они делали это простым и естественным образом, предполагая, что миром управляет множество разумных существ, каждое из которых играет какую-то роль в упорядочивании материальных вещей. Иногда считалось, что эти невидимые силы являются духами великих вождей, которые были активны на земле и которые после смерти продолжали проявлять свою власть в более обширных сферах Природы. Опять же, и, возможно, чаще, предполагалось, что эти природные явления вызваны действиями огромных, хотя и невидимых зверей, очень похожих на тех, которых дикарь обнаружил вокруг себя. Так, у наших североамериканских индейцев ветры объясняются предположением, что воздух раздувается крыльями огромной невидимой птицы, в обязанности которой входит приводить атмосферу в движение. Тот факт, что никто никогда не видел птицу, выполняющую эту работу, или что задача непосильна для любой мыслимой птицы, не вызывает у простого, некультурного человека возражений против этой точки зрения. Действительно, пройдет немало времени, прежде чем образование доведет людей до той точки, когда они смогут критиковать свои первые объяснения Природы.

По мере того как люди в своем развитии приходят к пониманию того, насколько их собственная природа благороднее, чем у низших животных, они постепенно отбрасывают в сторону объяснение событий действиями животных и объясняют устройство мира

предположением, что каждой важной деталью управляет некое бессмертное создание, по сути похожее на человека, хотя и гораздо более могущественное, чем представители их собственного вида. Эта стадия понимания, пожалуй, лучше всего показана мифологией греков, где над всем стоял великий бог, очень могущественный, но не всемогущий; а под ним, в бесконечной последовательности командования, подчиненные силы, каждая с меньшим набором обязанностей и способностей, чем у более высокого сословия, пока в самом низу системы не оказались второстепенные божества и полубоги, отвечающие за уход за деревьями, цветами и источниками — существа, мало отличающиеся от человека, за исключением того, что они были бессмертны и, как правило, невидимы, хотя они, как и все другие божества, могли по своей воле управлять деревьями, цветами и источниками. демонстрируйте себя людям, за которыми они наблюдали и чей жизненный путь они направляли.

Только у одного народа мы обнаруживаем, что процесс прогресса вышел за рамки этого раннего и простого метода объяснения процессов Природы, приведя людей к пониманию, подобным тому, которым мы обладаем сейчас. Эта великая задача была выполнена только греками. Около двух с половиной тысяч лет назад философы Греции начали понимать, что раннее представление о том, что миром управляют существа, по сути подобные людям, не может быть принято и должно быть заменено какой-либо другой точкой зрения, которая более эффективно объясняла бы факты. Этой цели они достигли с помощью шагов, которые не могут быть подробно описаны здесь, но которые привели их к предположению, что за каждым из природных рядов стоят отдельные силы — силы, не имеющие отношения к качествам человечества, но всегда действующие для достижения определенной цели. Таким образом, Платон, который наиболее ясно представляет этот прогресс в интерпретации фактов, воображал, что форма каждого конкретного вида растений или животных неизбежно определяется чем-то, что он назвал идеей, придающей форму силой, которая существовала до того, как объект был создан, и которая останется после того, как он будет уничтожен, всегда готовая снова придать материи определенную форму. От этой стадии понимания был лишь короткий шаг к современному взгляду на естественное право. Этот последний важный шаг был сделан великим философом Аристотелем, который, хотя и умер около двух тысяч двухсот лет назад, заслуживает того, чтобы считаться первым и во многих отношениях величайшим из ученых древности, знакомых с духом современности.

У Аристотеля, как и у всех его интеллектуальных последователей, действия Природы рассматривались как объяснимые действием сил, которые мы обычно обозначаем как законы природы, из которых, возможно, наиболее знакомым и универсальным является гравитация, которая заставляет все тела двигаться навстречу друг другу со степенью интенсивности, которая измеряется их весом и расстоянием, на которое они разделены.

На протяжении многих веков студенты использовали термин "закон" примерно так же, как более философски настроенные сторонники политеизма говорили о своих богах или как Платон об идеях, которые, по его замыслу, должны были управлять природой. На этом примере мы видим, как трудно избавиться от старых способов мышления. Даже когда принято новое, мы очень часто обнаруживаем, что что-то от древних и отброшенных понятий остается в наших фразах. Наиболее продвинутые из наших современных

философов ясно осознают, что все, что мы знаем о порядке Природы, - это то, что при определенных условиях неизбежно следуют определенные последствия.

Хотя ограничения, которые, по мнению современных ученых, накладываются на их труды, на первый взгляд могут показаться рассчитанными на то, чтобы ограничить наше понимание узкой областью вещей, существование которых можно увидеть или каким-то образом отчетливо доказать, результатом этого ограничения стало то, что наука стала тем, что она есть, - сферой известных вещей, отличных от вещей, которые можно вообразить. Вся разница между древней наукой и современной состоит в том, что в современной науке исследователи требуют делового метода в интерпретации Природы. У греков философ, который давал объяснения любой интересующей его особенности материального мира, был доволен, если он мог представить себе какой-то способ, который объяснял бы факты. В настоящее время существует современный обычай называть предположение об объяснении *рабочей гипотезой* и называть его теорией только после того, как очень тщательный поиск покажет, что все факты, которые можно собрать, соответствуют этой точке зрения. Таким образом, когда Ньютон высказал свое великое предположение относительно закона всемирного тяготения, которое заключалось в том, что все тела притягиваются друг к другу пропорционально их массам и обратно пропорционально квадрату их расстояния друг от друга, он не удовлетворился, как это сделали бы древние греки, вероятной правдивостью объяснения, но тщательно исследовал движения планет и спутников солнечной системы, чтобы увидеть, согласуются ли факты с гипотезой. Даже полное соответствие, которое он обнаружил, не вполне удовлетворило исследователей, и в этом столетии были проведены очень важные эксперименты, которые показали, что шар, подвешенный перед пропастью, будет притягиваться к обрыву и что даже масса свинца весом в несколько тонн притянет к себе маленькое тело, подвешенное наподобие маятника.

Именно этот непрерывный пересмотр фактов с целью увидеть, согласуются ли они с принятым правилом или законом, дал современной науке прочную основу, которой ей не хватало в прежние времена, и позволил нашему обучению шаг за шагом безопасно подниматься по тем высотам, на которые оно взобралось. Все объяснения Природы начинаются с работы воображения. Говоря общим языком, все это догадки, которые поначалу имеют лишь небольшую ценность и приобретают значение лишь по мере того, как они проверяются длительной критикой, цель которой - увидеть, согласуются ли факты с теорией. Именно в этом стремлении обеспечить доказательства современная наука собрала огромный запас хорошо установленных фактов, который составляет ее истинное богатство и который отличает ее от более ранних творческих и в значительной степени недоказанных взглядов.

На первоначальном этапе развития науки естественные науки смешивались с политической и социальной традицией, с предписаниями долга, составляющими закон народа, а также с его религией, поскольку все это находилось во владении священников или мудрецов. До тех пор, пока предполагалось, что естественная деятельность находится под непосредственным контролем многочисленных богов и полубогов, до тех пор, одним словом, пока объяснение природы было тем, что мы называем политеистическим, эта связь науки с другими формами обучения была не только естественной, но и неизбежной.

Однако постепенно, по мере того как концепция естественного права вытесняла более раннюю идею о вмешательстве духа, наука отошла от других форм знания и стала обладать самостоятельной областью. Сначала это была единая система знаний. Естествоиспытатели времен Аристотеля и почти до наших дней, как правило, занимались всей областью природы. Какое-то время любой способный и трудолюбивый человек мог знать все, что было установлено относительно астрономии, химии, геологии, а также факты, относящиеся к живым существам. Однако чем больше накапливалось наблюдений и увеличивался запас фактов, тем труднее становилось какому-либо одному человеку познать все в целом. Таким образом, в наше время естественное обучение разделено на множество отдельных областей, каждая из которых требует пожизненного труда от тех, кто хотел бы знать, что уже было сделано в этой области и что сейчас важно сделать для новых исследований.

Обширные разделения, которые натуралисты обычно проводят в своих задачах, опираются в основном на естественные перегородки, которые мы можем легко наблюдать в феноменальном мире. Прежде всего, это астрономия, включая явления, проявляющиеся на небесах, за пределами земной атмосферы. Во-вторых, геология, которая учитывает все те действия, которые с течением времени были развиты в нашей собственной сфере. В-третьих, физика, которая занимается законами энергии, или теми условиями, которые влияют на движение тел, и изменениями, которые производят на них различные природные силы. В-четвертых, химия, которая стремится интерпретировать принципы, определяющие сочетание атомов и молекул, которые строятся из них под влиянием химического сродства. В-пятых, биология, или законы жизни, наука, которая относится к формам и строению животных и растений и их удивительному развитию в мировой истории. В-шестых, математика, или наука о пространстве и числах, которая имеет дело с принципами, лежащими в основе Природного порядка, выраженного одновременно в человеческом понимании и в материальной вселенной. Благодаря его использованию люди получили возможность вычислять, как в арифметике, задачи, касающиеся их обычной деятельности, а также вычислять движения небесных тел и множество происходящих на земле действий, которые были бы необъяснимы без помощи этой науки. Последней из всех основных наук мы можем назвать психологию, которая учитывает умственные операции человека и его низших сородичей, животных.

В дополнение к семи вышеупомянутым наукам, которые в значительной степени основаны на естественном разделении явлений, существует множество, поистине бесконечно многочисленных, подразделений, созданных для удобства изучающих. Таким образом, астрономию часто разделяют на физический и математический разделы, которые учитывают либо физические явления, проявляемые небесными телами, либо их движения. В геологии существует полдюжины разделов, относящихся к конкретным разделам этого предмета. В области органической жизни, в химии и физике есть много разделов этих наук, которые получили особые названия.

Не следует предполагать, что эти науки обладают той независимостью друг от друга, которую подразумевали бы их отдельные названия. Фактически, изучающий каждого из них, как бы далеко он ни преуспел в отделении своей области от области других естествоиспытателей, как мы могли бы уместно назвать всех изучающих Природу,

вынужден время от времени обращаться за помощью к своим собратьям, которые развивают другие отрасли знаний. Современный астроном должен хорошо разбираться в химии, иначе он не сможет понять многие из своих наблюдений за Солнцем. Геологи должны делиться своей работой с изучающими животный и растительный мир физиками; более того, они должны знать кое-что о небесных сферах, чтобы интерпретировать историю земли. Фактически, день ото дня, с развитием знаний, мы приходим к более ясному пониманию того, что все процессы в Природе определенным образом связаны друг с другом, и что по мере того, как мы понимаем какую-либо часть великого механизма, мы вынуждены определенным образом понимать все в целом. Другими словами, мы начинаем понимать, что эти разделения области науки зависят от ограниченности наших знаний, а не от порядка самой Природы. Для целей образования важно, чтобы каждый знал что-то о великих истинах, которые открыла каждая наука. Ни один смертный человек не может охватить всю сферу этих знаний, но каждый может получить некоторое представление о более крупных истинах, которые могут помочь ему понять красоту и величие сферы, в которой он обитает, что позволит ему лучше выполнять обычные жизненные обязанности, которые почти во всех случаях связаны с фактами окружающего нас мира. В последнее время вошло в обычай называть эту совокупность общих знаний, учитывающих наиболее очевидные факты и важные серии земных действий, физиографией, или, как следует из этого термина, описанием природы, при том понимании, что выбранные для описания знания - это то, что наиболее тесно касается изучающего, который ищет информацию, которая является одновременно общей и важной. Поэтому в этой книге прежде всего предпринята попытка дать отчет о путях и средствах, которые привели к нашему пониманию научных проблем, о методах, с помощью которых каждый человек может стать исследователем, и в общих чертах о знаниях, накопленных с тех пор, как люди впервые начали наблюдать и критиковать откровения, которые может предоставить им Вселенная.

ГЛАВА II.

ПУТИ И СРЕДСТВА ИЗУЧЕНИЯ ПРИРОДЫ.

Желательно, чтобы изучающий Природу хорошо помнил средства, с помощью которых он способен воспринимать то, что происходит в окружающем его мире. Он должен понимать что-то о природе своих чувств и о том, в какой степени эти способности позволяют ему различать действия Природы. Человек, как и его низшие сородичи, благодаря механизму своего тела, обеспечен пятью несколько различными способами, с помощью которых он может узнать что-то о вещах, окружающих его. Простейшей из этих способностей является способность осязания, которая является общей для всей поверхности тела и которая сообщает нам, когда на поверхность воздействует контакт с каким-либо внешним объектом. Это также позволяет нам различать разницу температур. Следующим является чувство вкуса, которое ограничено ртом и окружающими его частями. Это чувство в некотором роде связано с ощущением осязания по той причине, что оно зависит от контакта нашего тела с материальными вещами. Третье - это обоняние, настолько тесно связанное со вкусом, что трудно провести грань между ними. И все же через носовой аппарат мы можем воспринимать микроскопически малые частицы вещества, доставляемые к нам по воздуху, которые не могут быть оценены нервами рта. Четвертым по объему является слух, который дает нам представление о тех волнах материи, которые мы понимаем как звук. Эта мощност распространяется гораздо дальше, чем отмеченные ранее; в некоторых случаях, как в случае вулканических взрывов на острове Кракатау во время извержения 1883 года, грохоты были слышны на расстоянии более тысячи миль. Более мощную пушку наших дней можно услышать на расстоянии более ста миль, так что, в то время как осязание, вкус и обоняние требуют контакта с телами, которые мы ценим, слух дает нам информацию об объектах, находящихся на значительном расстоянии. Последнее и высшее из чувств, безмерно важное во всем, что связано с нашим пониманием Природы, - это зрение, или способность, которая позволяет нам оценить движение тех очень маленьких волн эфира, которые составляют свет. Выдающаяся особенность зрения заключается в том, что оно может давать нам информацию о предметах, которые находятся невообразимо далеко; оно позволяет нам различать свет солнц, вероятно, в миллионы раз более удаленных от нас, чем центр нашей собственной солнечной системы.

Хотя большая часть удовольствий, которые доставляет нам мир, приходит через другие органы чувств, основой почти всех наших точных знаний является зрение. Верно, что то, что мы наблюдали нашими глазами, может быть передано словами и, таким образом, найти свой путь к пониманию через уши; также верно, что во многих случаях осязание передает информацию, которая расширяет наше восприятие многими важными способами; но наука практически основывается на зрении и на проницательности, которая приходит в результате тренировки ума, которую делают возможной глаза.

У первых исследователей не было никаких ресурсов, кроме тех, которые предоставляло их тело; но человек - существо, создающее орудия труда, и в самом начале он начал изобретать инструменты, которые помогали ему в исследовании. Самым ранним

целенаправленным изучением были звезды. Наука началась с астрономии, и первые инструменты, которые люди изобрели для целей исследования, были астрономическими. В начале этого поиска звезды изучались для того, чтобы измерить продолжительность года, а также по той причине, что предполагалось, что они каким-то образом управляют судьбами людей. Насколько нам известно, первые устройства для этой цели были изобретены в Египте, возможно, примерно за четыре тысячи лет до христианской эры. Эти инструменты были простыми по своей природе, так как увеличительное стекло еще не было изобретено, и поэтому телескоп был невозможен. Они состояли из расположения прямых граней и разделенных кругов, так что наблюдатели, наблюдая за приборами, могли приблизительным образом определить изменения расстояния между определенными звездами или высоту солнца над горизонтом в различные сезоны года. Вполне вероятно, что каждая из великих пирамид Египта сначала использовалась как обсерватория, где жрецы, имевшие некоторые познания в астрономии, нашли станцию для аппарата, с помощью которого они производили наблюдения, послужившие основой для составления гороскопа царя.

По мере развития науки и сопутствующих ей механических изобретений было изобретено огромное количество изобретений, которые значительно расширяют наше зрение и невообразимо повышают точность, которой оно может достичь. Фактически, примерно столько же навыков и труда было вложено в разработку тех изобретений, которые дополняют наши знания, сколько и в те, которые служат непосредственной экономической цели. Безусловно, величайшими из этих научных изобретений являются те, которые зависят от хрусталика. Комбинируя кусочки стекла такой формы, чтобы контролировать направление прохождения через них световых волн, натуралисты смогли создать телескоп, который фактически может приближать удаленные объекты к видимым невооруженным глазом в несколько тысяч раз; и микроскоп, который настолько увеличивает мельчайшие объекты, что делает их видимыми, какими они не были раньше. Результатом стало значительное увеличение нашей способности видеть удаленные или небольшие объекты. На самом деле, в целях изучения можно с уверенностью сказать, что эти инструменты полностью изменили отношение человека к видимой вселенной. Невооруженный глаз может увидеть в лучшем случае в той части неба, которая видна из любой точки, не более тридцати тысяч звезд. С помощью телескопа в пределах видимости оказывается около ста миллионов. Без помощи микроскопа объект диаметром в тысячную долю дюйма кажется простой точкой, существование которой мы можем определить только при благоприятных обстоятельствах. С помощью этого инструмента объект может выявить протяженную и сложную структуру, для полного изучения которой наблюдателю может потребоваться огромный труд.

Следующими по важности после отмеченных выше средств визуального наблюдения являются научные инструменты, которые используются при взвешивании и измерениях. Эти весы и измерительные приборы достигли такой точности, что интервалы между измерениями настолько малы, что их практически не видно, а весы всего лишь в десяти тысячную долю крупинки могут быть точно измерены. С помощью этих инструментов были проведены все те точные исследования, от которых напрямую

зависит точность современной науки. Все эти прецизионные инструменты являются изобретениями современности. Простейшие телескопы были изготовлены всего около двухсот пятидесяти лет назад, а более ранние составные микроскопы - еще позже. Точным весам и другим средствам измерения пространства, а также хорошим средствам разделения времени, таким как наши точные астрономические часы и хронометры, всего около столетия. Эти инструменты сделали науку точной и значительно расширили ее возможности почти во всех областях исследований.

Хотя самые поразительные открытия современности происходят в области, которая была открыта нам линзой во всем многообразии ее применений, именно в химической лаборатории мы находим ту отрасль науки, которая долгое время культивировалась, но быстро развивалась только в течение последних двух столетий и которая сделала больше всего для нужд человека. Древние догадывались, что вещества, из которых состоит видимый мир, более сложны по своей организации, чем они кажутся нашему зрению. Они даже выдвинули великую истину о том, что материя всех видов состоит из невообразимо малых неделимых частиц, которые они и мы называем атомами. Вполне вероятно, что в классические времена Греции люди начали проводить простые эксперименты химического характера. Столетие или два спустя после времен Мухаммеда арабы его веры, люди, которые приобрели греческую науку из библиотек, которые им дали их завоевания, провели обширные эксперименты и дали названия многим известным химическим продуктам, таким как алкоголь, который до сих пор носит свое арабское название.

Эти химические исследования были продолжены в Европе алхимиками, название также арабского происхождения, группой исследователей, которые были в значительной степени отвлечены от научных исследований тщетными, хотя и нескончаемыми попытками превратить основные металлы в золото и серебро, а также найти соединение, которое сделало бы людей бессмертными в теле. Благодаря изобретению точных весов и терпеливому взвешиванию веществ, которые они подвергали эксперименту, благодаря изобретению гипотез или предположений об истинности, которые были тщательно проверены экспериментом, величественная наука современная химия возникла из запутанных и мистических исследований алхимиков. Мы узнали, что существует семьдесят или более примитивных или, по-видимому, неизменяемых элементов, составляющих массу этого мира и, вероятно, составляющих все небесные сферы, и что эти элементы в форме их отдельных атомов могут группироваться в почти невообразимо разнообразных комбинациях. В неживом мире эти объединения, состоящие из атомов различных веществ, образующих то, что называется молекулами, обычно состоят лишь из нескольких единиц. Таким образом, углекислый газ, как его обычно называют, состоит из совокупности молекул, каждая из которых состоит из одного атома углерода и двух атомов кислорода; вода - из двух атомов водорода и одного кислорода; обычный оксид железа - из двух атомов железа и трех атомов кислорода. Однако в сфере органической жизни эти комбинации становятся значительно более сложными, и при каждой из них свойства получаемого таким образом вещества отличаются от всех других. Выдающийся химик подсчитал, что из одной группы химических соединений, а именно углерода,

можно было бы получить такой набор веществ, что потребовалась бы библиотека из многих тысяч обычных томов, чтобы содержать только их названия.

Характерно для химической науки то, что она учитывает действия, которые почти полностью невидимы. Не было изобретено и, вероятно, не будет изобретено никаких приспособлений, которые показали бы наблюдателю, что происходит, когда атомы какого-либо вещества отходят от своего предыдущего сочетания и вступают в новое расположение. Мы знаем только, что при определенных условиях старые атомарные ассоциации распадаются, и образуются новые. Но хотя процессы скрыты, результаты проявляются в изменениях, которые происходят с материальными массами, подвергающимися изменению условий. Постепенно химики наших дней учатся создавать в своих лабораториях все более и более сложные соединения; они уже преуспели в производстве многих материалов, которые раньше можно было получить только путем экстрагирования их из растений. Таким образом, ряд ароматических веществ из цветов и многие красители, которые столетие назад добывались из овощей, и которые, как тогда предполагалось, можно было получить только таким способом, теперь легко изготавливаются. Со временем кажется вероятным, что важные продукты питания, в производстве которых мы сейчас зависим от семян растений, могут быть получены непосредственно из минерального царства. Таким образом, результатом химических исследований стало не только то, что они показали нам большую часть обширной сферы действий, происходящих на земле, но и то, что они дали нам контроль над многими из этих движений, чтобы мы могли использовать их для нужд человека.

Животные и растения на заре вполне естественно были объектами исследования. Древние понимали, что между этими существами существуют видовые различия, и даже во времена Аристотеля зоология и ботаника достигли такого уровня, что по этим предметам были написаны значительные трактаты. Однако лишь немногим более века назад люди начали точно описывать и классифицировать эти виды органического мира. Со времен Линнея рост наших знаний шел вперед с поразительной быстротой. За столетие мы узнали, возможно, в сто раз больше об этих существах, чем было известно во все предыдущие эпохи. Это знание делится на две основные ветви: в одной исследователи приняли во внимание различные виды, роды, семейства, отряды и классы живых форм с таким эффектом, что они показали существование в настоящее время многих сотен тысяч различных видов, причем обширное скопление упорядочено в соответствии с классификацией, которая показывает кое-что относительно отношения, которое формы имеют друг к другу, и, более того, что ныне живущие виды просуществовали недолго, но что на каждом этапе истории земли другое скопление видов населяло воды и сушу.

Сначала натуралисты интересовались только внешними формами живых существ; но вскоре они пришли к пониманию того, что способ функционирования этих организмов, одним словом, их физиология, дают материал для более подробных исследований. Эти исследования привели к развитию науки физиологии, или законов телесных действий, которая во многих отношениях является самым современным и обширным из наших новых достижений в области естественного познания. Благодаря этим исследованиям мы

кое-что узнали о законах или принципах, по которым жизнь передается из поколения в поколение и благодаря которым были повышены градации строения от простых существ, которые кажутся кусочками ожившего желе, к телу и разуму человека.

Величайший вклад, который современные натуралисты внесли в познание, касается происхождения органических видов. Студенты столетней давности верили, что все эти различные виды были внезапно созданы либо в силу естественного закона, либо по непосредственной воле Бога. Теперь мы знаем, что с начала органической жизни в отдаленном прошлом до наших дней один вид животных или растений естественным и по существу постепенным образом преобразовывался в вид, который должен был стать его преемником, так что все обширное и сложное множество видов, существующих сейчас, произошло в процессе изменения от форм, которые в более ранние эпохи обитали на этой планете. Точный способ, которым были произведены эти изменения, еще не определен, но в значительной степени это, очевидно, было вызвано методом, указанным м-ром Дарвином, посредством выживания наиболее приспособленных особей в борьбе за существование.

Пока люди не пришли к ясному представлению о сферической форме земли, для них было невозможно начать какие-либо разумные исследования относительно ее структуры или истории. Греки знали, что земля представляет собой шар, но это знание было утеряно среди ранних христиан, и только около четырехсот лет назад люди снова увидели, что они живут на шаре. На основе этого понимания была возрождена наука геология, которая в некотором смысле была основана греками. Поскольку эта наука зависит от знаний, которые мы приобрели в астрономии, физике, химии и биологии, - всех этих областях знаний, которые необходимо использовать для объяснения истории Земли, - достигнутый прогресс был относительно медленным. Геология в целом наименее идеально организована из всех разделов науки. Особые трудности, свойственные этой науке, также препятствовали ее развитию. Все остальные отрасли познания имеют дело главным образом, если не полностью, с условиями Природы в том виде, в каком они существуют сейчас. Только в этом случае необходимо на каждом шагу учитывать действия, которые были совершены в отдаленном прошлом.

Современным исследователям легко представить, что земля существовала долгое время; но нашим предкам, которые были воспитаны во мнении, что она была создана из ничего около семи тысяч лет назад, было очень трудно, а какое-то время и невозможно поверить в ее реальную древность. Пытаясь, что они, естественно, и делали, объяснить все удивительные революции, история которых записана на страницах великой каменной книги, ранние геологи предположили, что эта планета была местом частых и жестоких изменений, каждое из которых меняло ее форму и уничтожало ее живых обитателей. Лишь очень постепенно они пришли к убеждению, что с момента зарождения жизни на земле прошло сто миллионов лет или даже больше и что в течение этого обширного периода ход событий был устойчивым, изменения происходили примерно с той же скоростью, с какой они происходят сейчас. Пока что это представление об истории нашей сферы не стало всеобщим достоянием народа, но факт этого признается всеми, кто внимательно изучал этот вопрос. Теперь это так же точно установлено, как и любая другая истина, открытая нам наукой.

Поучительно отметить исторические контуры научного развития. Наиболее очевидная истина, которую раскрывает эта история, состоит в том, что вся наука зародилась и почти полностью развилась среди народов, принадлежащих к арийской расе. Эта группа людей, по-видимому, приобрела свои расовые характеристики, приобрела свой первоначальный язык, свой образ действий и основы своей религии в той части северной Европы, которая находится около Балтийского моря. Оттуда основная масса этого народа, по-видимому, двинулась в центральную Азию, где после веков пастушеской жизни на высокогорных равнинах и горах своей страны она послала ответвления в Индию, Малую Азию и Грецию, в Персию и западную Европу. По-видимому, характерной чертой этих арийских народов всегда была чрезвычайная любовь к природе; более того, они ясно осознавали необходимость давать отчет в том, что происходило в окружающем их мире. В целом они склонялись к тому, что называется пантеистическим объяснением вселенной. Они верили, что верховный Бог во многих различных формах воплощается во всех вещах, которые они видели. Даже свои собственные умы и тела они воспринимали как проявления этой высшей силы. Среди ариев, поселившихся в Европе и вдоль восточного Средиземноморья, этот метод объяснения Природы со временем был заменен на тот, в котором предполагалось, что человекоподобные боги управляют видимым и невидимым мирами. В том морском замечательном центре культуры, который был развит среди греков, эта концепция человекоподобных божеств была со временем заменена концепцией естественного права, и в свои лучшие дни греки были людьми науки, по сути, такими же, как и современные, за исключением того, что они не познали на опыте, насколько важно критиковать свои теории, терпеливо сравнивая их с фактами, которые они пытались объяснить. Последний из выдающихся греческих ученых мужей, Страбон, который был жив, когда родился Христос, оставил нам труды, которые по качеству в основном не уступают многим современным работам. Если бы не перерыв в развитии греческого языка, естественные науки, вероятно, опередили бы свой нынешний этап на полторы тысячи лет. Этот перерыв произошел двумя путями. Во-первых, в результате завоевания Греции и разрушения римлянами ее интеллектуальной жизни народом, который был совершенно неспособен ценить естественные науки и у которого не было к ним никакого другого интереса, кроме время от времени пустого и бесполезного любопытства относительно процессов, происходящих в мире природы. Второе разрушительное влияние было вызвано тем фактом, что христианство в своем энергичном протесте против грехов языческой цивилизации абсолютно пренебрегало всеми формами науки и в некотором смысле презирало их.

Раннее безразличие христиан к естественным наукам частично объясняется тем фактом, что их религия была развита среди евреев, народа, примечательного отсутствием интереса к научным аспектам Природы. Для них было достаточным объяснением, что один всемогущий Бог правит всем по своей воле, и небеса, и земля одинаково находятся в его ладони.

Найдя центр своего развития у римлян, христианство оказалось в основном под контролем народа, который, как мы уже отмечали ранее, не проявлял научного интереса к миру природы. Это условие продлило отделение нашей веры от науки на полторы тысячи лет после ее возникновения. За это время записи о греческих научных знаниях в

основном исчезли. Писания Аристотеля были сохранены отчасти по той причине, что Церковь приняла многие из его взглядов на вопросы моральной философии и политики. Остальная часть греческого языка, насколько это касалось Европы, была совершенно заброшена.

Большая часть греческой науки, дошедшая до нас, обязана своим сохранением весьма необычному событию в истории науки. В девятом веке, после того, как арабы были обращены в мусульманство и на основе этой веры быстро организовали великую и развитую империю, ученые этого народа глубоко заинтересовались остатками греческих знаний, которые сохранились в монастырских и других библиотеках восточного Средиземноморья. Они так высоко ценили эти записи, к которым христиане относились с презрением, что у них вошло в обычай взвешивать старые рукописи в качестве оплаты по отношению к монете своего королевства. В астрономии, математике, химии и геологии арабские студенты, опираясь на древние основы, добились заметных и на какое-то время наиболее важных успехов. В десятом веке нашей эры казалось, что они вполне способны сделать для науки то, что Западная Европа начала делать пять столетий спустя. В четырнадцатом веке центр мусульманской силы был перенесен от арабов к туркам, от народа, от природы склонного к обучению, к народу другой расы, который презирал всю подобную культуру. С тех пор вместо людей, которые с бесконечным трудом хранили и расшифровывали все записи о более ранних знаниях, последователи Мухаммеда ревностно уничтожали все записи о былых днях. Однако некоторые из этих записей сохранились у арабов Испании, а другие были сохранены христианскими учеными, которые жили в Византии или Константинополе и были привезены в западную Европу, когда этот город был захвачен турками в пятнадцатом веке.

Уже развитие изящных искусств в Италии и общая тенденция к изучению Природы, такие как живопись и скульптура, указывают на то, что это положило начало или, скорее, стало подходящим полем для начала научных исследований. Результатом стал новый интерес к изучению греческого языка во всех его отраслях и очень быстрое пробуждение научного духа. Сначала Римская церковь не возражала против этого нового интереса, возникшего среди ее последователей, но в течение нескольких лет, движимая страхом, что наука заставит людей усомниться во многих догматах Церкви, она предприняла суровые меры по подавлению работы всех исследователей.

Конфликт между приверженцами римской веры и людьми науки продолжался более двухсот лет. В целом, роль, которую принимала Церковь, была частью увещаний, но в нескольких случаях дух фанатизма приводил к преследованию людей, которые не подчинялись ее предписаниям и отрекались от всякой веры в новые мнения, которые считались противоречащими учению Священного Писания. Последний случай такого притеснения произошел во Франции в 1756 году, когда от великого Бюффона потребовали отказаться от определенных мнений относительно древности земли, которые он опубликовал в своей работе по естественной истории. Он незамедлительно исполнил это и почти раболепным тоном отозвал все мнения, против которых возражали отцы церкви. Подобный конфликт между последователями науки и духовными властями произошел в протестантских странах. Хотя ученые ни в коем случае не подвергались физическим пыткам или казни за свои взгляды, они, тем не менее, подвергались

сильному религиозному и социальному давлению: они подвергались почти такой же эффективной дисциплине, как и те, кто попал под запрет Римской церкви.

Некоторые историки критиковали действия клерикальных властей по отношению к науке, как будто совершенное зло было совершено в наши дни. Однако следует помнить, что в прежние века церкви считали себя обязанными защищать всех людей от опасностей ереси. На протяжении веков ранней истории христианства защитники веры были вовлечены в борьбу не на жизнь, а на смерть с язычеством, последователи которого владели всем, что было известно о Природе. Вполне естественно, что класс священнослужителей опасался, что возрождение научных исследований принесет с собой то зло, от которого мир страдал в языческие времена. Нет сомнения, что эти преследования науки совершались в соответствии с тем, что казалось долгом. Они могут быть должным образом объяснены, в частности, людьми науки, как один из симптомов развития того времени, в которое они совершались. Тем, кто резко критикует отношения Церкви к науке, полезно помнить, что в нашей собственной стране около двух столетий назад среди самых просвещенных и религиозных людей того времени квакеры подвергались жестоким преследованиям, а ведьмы вешались, и все это самым почтительным и богобоязненным образом. Рассматривая эти отношения науки к нашей вере, к этому вопросу следует подходить философски и с пониманием различий между нашей собственной эпохой и более ранними.

Тому, кто изучает отношения между христианством и наукой, должно показаться сомнительным, была ли критика или другие последствия, с которыми людям науки пришлось столкнуться со стороны Церкви, вредны для их работы. Ранние натуралисты, подобно грекам, за которыми они следовали, были в значительной степени склонны к размышлениям о процессах Природы, которые, хотя и были интересными, были невыгодными. Они также проявляли любопытную склонность смешивать свои научные рассуждения с древними и низменными суевериями. Они часто увлекались абсурдом, широко известным как "черное искусство", или колдовство, и придерживались нелепых представлений астрологов. Даже бессмертный астроном Кеплер, живший в шестнадцатом веке, был профессиональным астрологом и все еще придерживался мнения, что звезды определяют судьбу людей. Многие другие знаменитые исследователи в те годы, когда зародилась современная наука, верили в колдовство. Таким образом, какое-то время естественное обучение было в некотором роде связано с древними и пагубными верованиями, которые Церковь стремилась ниспровергнуть. Одним из результатов клерикального противодействия развитию науки было то, что ее приверженцы были вынуждены доказывать каждый шаг, который приводил к их выводам. Они были вынуждены отказаться от расплывчатых рассуждений своих интеллектуальных наставников, греков, и заняться наблюдением. Таким образом, часть трудоемкой привычки собирать факты, от которой полностью зависел современный прогресс науки, была обусловлена осторожностью, которую люди должны были проявлять перед лицом религиозных властей.

В наше время, во второй половине девятнадцатого века, конфликт между религиозной властью и людьми науки практически прекратился. Даже Римская церковь почти везде допускает беспрепятственное преподавание общепринятого учения, которому она когда-

то противостояла. Люди пришли к пониманию того, что всякая истина соответствует действительности и что религии нечего бояться верного и преданного изучения Природы.

Прогресс науки в целом в наше время во многом обусловлен развитием механических изобретений. У древних орудий труда, которые использовались в искусстве, было немного, и они отличались чрезвычайной простотой. Насколько мы можем установить, за те пятьсот лет, в течение которых греки находились в расцвете своего интеллекта, было изобретено не более полудюжины новых машин, и они были чрезвычайно простыми. Дело, по-видимому, в том, что талант к механическим изобретениям в основном присущ народам Франции, Германии и англоговорящим народам. Первые достижения в области этих изобретений были достигнуты в этих странах, и все наши значительные достижения были достигнуты благодаря их народам. Таким образом, в то время как дух науки в целом явно ограничен арийским народом, та конкретная часть мотива, которая приводит к изобретению инструментов, ограничена западной и северной Европой, народом, которому мы даем название тевтонского.

Механические изобретения помогли развитию наших наук несколькими способами. Они снабдили исследователей точными инструментами; они помогли развить точность наблюдения; а самое главное, они всегда служили для того, чтобы привлечь внимание людей к зрелищу условий в Природе, которые мы называем причиной и следствием. Влияние этих изобретений на развитие образования было особенно велико там, где машины, такие как наши ветряные и водяные мельницы, а также наш паровой двигатель, используют силы природы, подчиняя их потребностям человека. Такие инструменты дают бесконечную иллюстрацию присутствия энергии в Природе. Они помогли людям понять, что механизм Вселенной приводится в движение бесконечным применением энергии. Фактически, именно благодаря таким машинам люди науки впервые пришли к пониманию того, что энергия, проявляющаяся в силах природы, является чем-то вечным; что мы можем изменять ее форму в наших искусствах, как меняется ее форма в действиях Природы, но сила сохраняется вечно.

Интересно отметить, что первое наблюдение, которое привело к этому важнейшему научному выводу о том, что энергия неуничтожима, как бы сильно она ни меняла свою форму, было сделано американцем Бенджамин Томпсоном, который покинул эту страну во время революции и после интересной жизни стал исполнительным директором и, фактически, королем Баварии. Руководя изготовлением пушки, он заметил, что при растачивании ствола пушки выделяется некоторое количество тепла, которое испаряет определенное количество воды. Поэтому он пришел к выводу, что энергия, необходимая для растачивания металла, переходила в состояние нагрева и, таким образом, лишь изменяла его состояние, никоим образом не исчезая с земли. Другие студенты, занимающиеся тем же направлением исследований, ясно продемонстрировали то, что называется законом сохранения энергии, который больше, чем что-либо другое, помог нам понять масштабные процессы в Природе. Благодаря этим исследованиям мы пришли к выводу, что, хотя вселенная является местом непрерывных изменений, количества энергии и материи остаются неизменными.

Приведенный выше краткий очерк, в котором излагаются некоторые важные условия, повлиявшие на развитие науки, может в некотором смысле показать изучающему, как он сам может стать интерпретатором Природы. Факты указывают на то, что представители нашей расы были в некотором роде избраны среди всех разновидностей человечества для выполнения этой великой задачи по постижению видимой вселенной. Более того, факты показывают, что открытие обычно начинается с интереса, который люди испытывают к окружающему миру непосредственно вокруг них или который предстает перед их чувствами в повседневном зрелище. Так, Бенджамин Франклин в разгар напряженной жизни глубоко заинтересовался феноменом молнии и с помощью очень простого эксперимента доказал, что это чудо в воздухе вызвано электрическим воздействием, которое мы можем вызвать, протирая кусочек сургуча или янтаря тканью. Одним словом, все открытия имели свое необходимое начало в интересе к фактам, которые раскрывает повседневный опыт. Это желание узнать что-то большее, чем можно увидеть на первый взгляд, о действиях в окружающем нас мире, присуще каждой человеческой душе — по крайней мере, всем тем, кто родился с наследием нашей расы. Обычно она сильна в детстве; если ее культивировать путем использования, она будет расти в течение всей жизни и, подобно другим способностям, становится сильнее и эффективнее благодаря усилиям, которые она вызывает. Поэтому наиболее важно, чтобы каждый повиновался этому инстинктивному призыву к исследованию и организовал свою жизнь и работу таким образом, чтобы со временем он мог не терять, а приобретать все больше и больше этой благородной способности исследовать и понимать окружающий мир.

Лучше всего, чтобы всякое изучение Природы начиналось не в лабораториях и не с вещей, которые далеки от нас, а в той области Природы, которая находится непосредственно вокруг нас. Студент, даже если он живет в неблагоприятных условиях большого города, окружен миром, который дал неизмеримые богатства на пути обучения, которые он может присвоить, немного изучив. Он может легко узнать кое-что о движении воздуха; здания предоставят ему доступ к великому множеству различных пород камня; самый маленький парк, небольшой сад или даже несколько растений в горшках и животных, содержащихся в неволе, могут многое рассказать ему о формах и действиях живых существ. Изучая таким образом, он может прийти к некоторому пониманию различий между вещами и их отношений друг к другу. Таким образом, у него будет стандарт, с помощью которого он сможет измерить и ознакомить с объемом знаний о Природе, которые он может найти в книгах. На одних только печатных страницах, как бы хорошо они ни были написаны, он никогда не сможет надеяться уловить дух, который движет настоящим исследователем, истинным любителем Природы.

По многим данным, наиболее привлекательным способом начать формировать привычки натуралиста является изучение живых животных и растений. Всем нам жизнь добавляет интереса, а в росте есть своя прелесть. Поэтому ученику полезно начать путь исследования с наблюдения за действиями птиц и насекомых или с выращивания растений. К счастью, он может делать обе эти приятные вещи. Когда у изучающего разовьется привычка принимать во внимание ту наиболее важную часть мира, которая находится непосредственно вокруг него, он может с пользой приступить к приобретению

знаний о невидимой вселенной, которые были собраны множеством исследователей его расы. Как бы далеко он ни уехал, он должен вернуться в родной мир, который находится непосредственно и знакомо ему, ибо только там он может приобрести и сохранить то личное знакомство с вещами, которое является одновременно источником вдохновения и проверкой всех знаний.

Наряду с этим изучением знакомых объектов, окружающих нас, студент вполне может совместить чтение с чтением, которое может показать ему, как другие добились успеха в таком непосредственном общении с Природой. Для этой цели, к сожалению, существует лишь несколько работ, которые хорошо рассчитаны на удовлетворение потребностей новичка. Возможно, лучшей книгой о натуралистах, хотя ее форма несколько древняя, является "Естественная история Селборна" Уайта. Работы Хью Миллера, особенно его "Старый красный песчаник" и "Мои школы и школьные учителя", хорошо показывают, как человек может стать натуралистом в трудных условиях. Исследования сэра Джона Лаббока об осах и работа Дарвина об одомашниваемых животных и растениях также достойны восхищения, поскольку показывают, как следует вести наблюдение. Небольшой трактат доктора Эйзы Грей о том, как растут растения, также будет полезен новичку, желающему подойти к ботанике с ее наиболее привлекательной стороны — с точки зрения развития живого существа от семени к семени.

Существует еще один вид обучения, которому должен обучаться каждый начинающий в искусстве наблюдения за природой и которому не мешало бы обучиться многим известным натуралистам, а именно — обучению тому, что мы можем назвать искусством расстояния и географических форм. У первобытного дикаря способность запоминать и представлять глазу очертания страны, которую он знает, является врожденной и инстинктивной. Привыкший бродить по лесам и полагаться на свою память, которая проведет его через дикую местность к дому, первобытный человек развивает важное искусство, которое у цивилизованных людей обычно бездействует. На самом деле, по нашим проторенным дорогам люди могут идти на протяжении многих поколений, так и не будучи призванными использовать это естественное чувство географии. Самый простой способ развить географическое чутье - это попрактиковаться в искусстве составления эскизных карт. Это ученик, каким бы неподготовленным он ни был, может легко сделать, взяв сначала свой собственный жилой дом, на котором он должен практиковаться до тех пор, пока не сможет легко составить по памяти достаточно правильный и пропорциональный план всех его комнат. Затем в меньшем масштабе он должен начать составлять также по воспоминаниям карту, показывающую распределение дорог, ручьев и холмов, с которыми он знаком в повседневной жизни. Время от времени эту работу по памяти следует сопоставлять с фактами. Поначалу запись окажется очень скудной, но после нескольких месяцев случайных усилий наблюдатель обнаружит, что его разум учитывает географические особенности так, как это не удавалось раньше, и, более того, его разум обогатится ясными и отчетливыми впечатлениями о стране вместо смутных воспоминаний, которыми он обладал поначалу.

Когда ученик достигнет точки, когда после прогулки пешком или верхом по местности он сможет легко вспомнить ее физические особенности более простого вида, он сочтет полезным применить метод составления карты с помощью контурных линий, то есть

путем нанесения карандашом указаний, показывающих точную форму возвышенностей и впадин. Принцип построения контурных линий заключается в том, что каждая из них представляет место, где вода столкнулась бы со склоном, если бы местность постепенно опускалась ниже уровня моря — другими словами, каждая контурная линия отмечает пересечение горизонтальной плоскости с возвышенностью страны. Практика в выполнении этого несколько сложного задания вскоре даст ученику некоторое представление о сложности поверхности региона и даст ему основу для лучшего понимания того, что такое география, чем все чтение, которое он может выполнить. Крайне желательно, чтобы обучение, подобное описанному, было частью нашего обычного школьного образования.

Очень немногие люди имеют четкое представление о расстояниях. Даже люди, чья профессия требует некоторых таких знаний, часто лишены того, что могло бы дать им небольшое обучение. Не обладая определенными способностями в этом направлении, ученик всегда оказывается в невыгодном положении в своем контакте с природой. Он не может записать то, что видит, до тех пор, пока элемент расстояния по горизонтали и вертикали не будет четко узнан. Чтобы достичь этой цели, ученик должен начать с того, что пройдет пешком по некоторому отрезку дороги, где расстояния хорошо известны. Таким образом, он узнает длину своего шага, которая у взрослого мужчины обычно составляет от двух с половиной до трех футов. Узнав среднюю длину своего шага путем частого подсчета, легко повторять упражнение до тех пор, пока человек не сможет почти бессознательно вести счет во время ходьбы. Чтобы должным образом обеспечить тренировку такого рода, наблюдатель должен сначала внимательно посмотреть на расстояние, которое должно быть определено. Он должен заметить, как выглядят дома, заборы, люди и деревья на таком расстоянии. Он быстро поймет, что каждые сто футов дополнительного интервала несколько меняют их вид. При обучении солдат измерять на глаз расстояния, которые они должны знать, чтобы эффективно использовать современное военное оружие, обычным приемом является взятие отделения людей или иногда роты под командованием офицера, который останавливает по одному человеку на каждых ста ярдах, пока отделение не растянется с таким интервалом, насколько может видеть глаз. Затем солдаты расхаживают взад и вперед, чтобы наблюдающие за ними солдаты могли заметить влияние увеличения расстояния на их внешний вид, будь то стоя или в движении. На расстоянии трех тысяч ярдов человек кажется простой точкой, которую нелегко различить. Школьники могут посчитать этот эксперимент забавным и поучительным.

После того, как ученик приобретет, что он легко может сделать, некоторое представление о разделении расстояний в пределах диапазона обычного зрения, он должен попытаться сформировать некоторое представление о более значительных интервалах, например, о десяти, ста и, возможно, тысяче миль. Задача усложняется по мере увеличения длины линии, но большинство людей могут с помощью небольшого обращения создать перед своими глазами достаточно четкое изображение расстояния в сто миль, если смотреть с какой-нибудь высоты, откуда открывается великолепный пейзаж. Сомнительно, однако, что наиболее тренированный человек может составить сколько-нибудь ясное

представление о тысяче миль, то есть может представить ее себе в воображении, как он легко может делать с более короткими интервалами.

Самая трудная часть общего образования, которую ученик должен пройти сам, начинается тогда, когда он берется представлять себе длительные промежутки времени. У нас есть возможности измерить пространство, и мы начинаем в некотором роде ценить это, но самый долгоживущий из людей живет самое большее столетие, а это слишком малая мера, чтобы дать какое-либо представление о продолжительности таких великих событий, которые были связаны с историей Земли, где периоды следует исчислять миллионами лет. Единственный способ, которым мы можем получить какую-либо помощь в представлении себе больших промежутков времени, - это выразить их в единицах расстояния. Пусть ученик пройдет по прямой дороге расстояние в милю; пусть он называет каждый шаг годом; когда он преодолет первую веху, он может считать, что вернулся назад во времени, к периоду рождения Христа. Еще две мили приведут его к станции, которая будет представлять эпоху, когда были построены древнейшие пирамиды. Однако он все еще находится на позднем этапе истории человечества на этой планете. Чтобы оценить по шкале время зарождения человека, ему, вполне возможно, пришлось бы пройти пятьдесят миль, в то время как путешествие, которое таким образом последовательно описывало бы годы истории земли с момента появления жизни на ее поверхности, вероятно, потребовало бы от него обогнуть землю по меньшей мере четыре раза. Мы можем согласиться с тем, что никто не может иметь дело с такими огромными длительностями, кроме как с цифрами, которые никогда по-настоящему не постигаются. Хорошо, однако, расширить наше представление о возрасте земли такими усилиями, которые только что были указаны.

Когда мы выходим за пределы земли в царство звезд, все попытки понять протяженность пространства или продолжительность времени оказываются совершенно неподвластными усилиям человека. Даже расстояние примерно в двести сорок тысяч миль, отделяющее нас от Луны, не может быть осознано даже великими умами. Ни один человеческий разум, каким бы развитым он ни был, не может постичь расстояние примерно в девяносто пять миллионов миль, отделяющее нас от солнца. В небесном царстве мы можем иметь дело с пространственно-временными отношениями только общим и сравнительным образом. Мы можем указать расстояния, если нам угодно, в миллионах миль, или мы можем рассчитать более обширные пространства, используя интервал, отделяющий землю от солнца, как мы делаем шаговую линейку в нашей обычной работе, но глубины звездных пространств может постичь только окрыленное воображение.

Хотя студенту было рекомендовано начинать свои исследования Природы с той области, в которой он живет, сделав это изучение основой своего наиболее ценного общения с Природой, желательно, чтобы он в то же время получил некоторое представление об объеме наших знаний о видимой вселенной. В качестве подспорья к достижению этой цели в следующих главах этой книги будет дан очень краткий обзор некоторых наиболее важных истин, касающихся небес и земли, которые послужили наградой за исследования ученых. О более отдаленных предметах, таких как тела в звездных пространствах, рассказ будет кратким, поскольку то, что известно и важно обычному изучающему, может быть

кратко рассказано. То же самое относится и к более ранним эпохам истории земли, хотя известно очень многое, большая часть знаний представляет интерес и ценность главным образом для геологов, которые занимаются этой областью. То, что является наиболее поразительным и наиболее важным для массы человечества, можно найти в существующем состоянии нашей земли, в условиях, которые делают ее подходящей обителью для нашего вида, и изобилующей уроками, которые он может изучить собственными глазами, не прибегая к трудным путям высших наук.

Хотя физиография обязательно учитывает то, что было, даже в отдаленном прошлом, и это по той причине, что все в современном мире зависит от событий более ранних дней, акцент в ее учении делается на непосредственном, видимом, можно сказать, живом мире, который является частью жизни всех его обитателей.

ГЛАВА III.

ЗВЕЗДНОЕ ЦАРСТВО.

Еще до того, как люди начали сколь-либо тщательно изучать окружающую их Природу, они начали строить догадки и в некотором роде интересоваться звездами и другими небесными телами. Нам трудно представить, как трудно было студентам получить какое-либо адекватное представление о том, что на самом деле представляют собой эти огни в небе. Сначала люди представляли себе небесные тела такими, какими они казались, маленькими объектами, находящимися не очень далеко. Среди греков сложилось мнение, что небеса образованы из хрустальных сфер, в которых помещены светильники, подобно тому, как фонари могут быть подвешены к потолку. Эти сферы были задуманы как расположенные одна над другой; планеты находились на нижней из них, а неподвижные звезды - на верхней, несколько хрустальных крыш вращались вокруг земли. До тех пор, пока земля считалась плоским и безграничным пространством, образующим центр Вселенной, для изучающих небеса было невозможно достичь какого-либо более рационального взгляда на свой план.

Тот факт, что земля имела шарообразную форму, был понятен греческим ученым. Возможно, они действительно заимствовали это мнение у египетских философов. Открытие основывалось на легко наблюдаемом факте, что в определенный день тень от объектов определенной высоты на высоких широтах была длиннее, чем на низких. В тропиках, когда солнце стоит вертикально, тени не будет, в то время как на севере, вплоть до Афин, она будет значительной длины. Вывод о том, что земля имеет форму шара, по-видимому, был первым крупным открытием, сделанным нашей расой. Это было, действительно, одно из важнейших интеллектуальных приобретений человека.

Понимая шаровидную форму земли, следующим и наиболее естественным шагом было узнать, что земля не является центром планетной системы и тем более Вселенной, но что этим центром является солнце, вокруг которого вращаются земля и другие планеты. Греки, по-видимому, имели некоторое представление о том, что это было так, и их пытливый дух, вероятно, привел бы их ко всей истине, если бы римское завоевание и распространение христианства не перевернули их представления. Таким образом, только после возрождения науки астрономы проложили путь к нашему современному пониманию отношения планет к солнцу. Галилей подтвердил это мнение. Хотя какое-то время Церковь, основывая свое несогласие на толковании определенных отрывков Священного Писания, сопротивлялась этой точке зрения и даже наказывала людей, которые ее придерживались, она упорно прокладывала свой путь и на протяжении более чем двух столетий была основой всех великих открытий в звездном царстве. Однако еще долгое время после того, как был твердо установлен факт, что солнце является центром солнечной системы, никто не понимал, почему планеты должны двигаться в своей непрерывной, упорядоченной процессии вокруг центральной массы. Ньютону мы обязаны исследованиями закона всемирного тяготения, которые привели нас к нашему нынешнему обширному представлению о происхождении этого порядка. Начав с точки зрения, что тела притягиваются друг к другу пропорционально своему весу и в

уменьшающейся пропорции по мере удаления друг от друга, Ньютон путем самых кропотливых исследований подвергнул критике эту точку зрения и в конце концов определенно доказал ее, обнаружив, что движения Луны вокруг Земли, так же как и траектории планет, в точности согласуются с этим предположением.

Последнее великое новаторское открытие, которое помогло нам в нашем понимании звезды выступил Фраунгофера и другие физики, которые показали, что Substances, когда в отапливаемом, газообразном или парообразном состоянии произвел, таким образом, это не просто объяснить на работе, такие, как этот, отдельные темные линии в спектре, или полоса делится светом, который мы можем сделать с помощью стеклянной призмы, или, как в Радуге, на капли воды. Тщательно изучив эти очень многочисленные линии, эти натуралисты обнаружили, что они могут с исключительной точностью определить, какие вещества содержались в пламени, дающем свет. Это определение настолько точно, что оно было использовано в некоторых искусствах, где нет лучшего средства для определения состояния пылающего вещества, кроме как по линиям, которые его свет проявляет при такого рода анализе. Таким образом, при производстве железа так называемым бессемеровским процессом было обнаружено, что очень удобно судить о состоянии расплавленного металла по такому анализу пламени, исходящего от него.



Тюленьи скалы недалеко от Сан-Франциско, Калифорния, демонстрируют небольшой эффект волн там, где нет пляжа.

Как только был изобретен спектроскоп, астрономы поспешили с его помощью исследовать химический состав солнца. Эти исследования ясно показали, что свет нашего солнечного центра исходит из атмосферы, состоящей из сильно нагретых веществ, все из которых известны среди материалов, образующих землю. Хотя по разным причинам мы

не смогли распознать в солнце все элементы, которые находятся в нашей сфере, несомненно, что в целом эти два тела схожи по составу. Постепенно, хотя и с трудом, было достигнуто распространение того же метода исследования на неподвижные звезды, и теперь мы знаем, что многие элементы, общие для солнца и земли, существуют в этих отдаленных сферах. Более того, этот метод исследования показал нам способом, который не стоит здесь описывать, что среди этих более отдаленных солнц есть много скоплений материи, которые не консолидированы, как сферы нашей собственной солнечной системы, но остаются в газообразном состоянии, получая название туманностей.

Наряду с развитием наблюдательной астрономии, которое произошло после открытий Галилея, был разработан взгляд на физическую историю звездного мира, известный как небулярная гипотеза, которая, хотя и не доказана полностью, по мнению большинства астрономов и физиков, дает нам достаточно правильное представление о том, каким образом небесные сферы образовались из более раннего состояния материи. Эта величественная концепция была впервые выдвинута, по крайней мере в наше время, немецким философом Иммануилом Кантом. Она была разработана французским астрономом Лапласом и часто известна под его именем. Суть этой точки зрения основывается на ранее отмеченном факте, что в царстве неподвижных звезд существует множество слабо светящихся скоплений материи, которые, очевидно, не являются твердыми, подобно телам нашей солнечной системы, но находятся в состоянии, когда их вещества находятся в состоянии пылевидных частиц, подобно частицам углерода в пламени или элементам, составляющим атмосферу. Точка зрения Лапласа заключалась в том, что не только наша собственная солнечная система, но и центры всех других подобных систем, неподвижные звезды, изначально находились в этом газообразном состоянии, причем вещество было рассеяно по всем частям небесного царства или, по крайней мере, в той части Вселенной, о которой нам позволено что-то знать. В этом древнем состоянии материи мы должны предположить, что ее частицы были более отделены друг от друга, чем атомы атмосферных газов в самом совершенном вакууме, который мы можем создать с помощью воздушного насоса. И все же мы должны предположить, что каждая из этих частиц притягивает другую гравитационным способом, как это неизбежно происходит в нынешнем состоянии Вселенной.

Под действием гравитационного притяжения материалы этого парового царства неизбежно имели тенденцию опускаться к центру. Если бы процесс был совершенно простым, результатом было бы образование одной огромной массы, включающей в себя всю материю, которая была в первоначальном теле. Каким-то образом, никто пока не смог сделать разумного предположения о том, каким именно образом в процессе концентрации развилось великое множество отдельных центров скопления, каждый из которых стал началом солнечной системы. Учащийся может составить некоторое представление о том, насколько легко могут образовываться локальные центры в материалах, рассеянных в парообразном состоянии, наблюдая за тем, как туман или тонкие, даже туманные облака на восходе солнца часто собираются в отдельные формы, образующие то, что мы называем небом "макрель". Трудно представить, что создает центры притяжения, но на этом примере мы легко понимаем, как они могли возникнуть.

Когда материалы каждой солнечной системы были отделены таким образом от первоначальной массы звездной пыли или пара, они начали независимое развитие, которое шаг за шагом привело, по крайней мере, в случае нашей собственной солнечной системы, и предположительно также в случае других солнц, неподвижных звезд, к образованию планет и их лун или спутников, движущихся вокруг центрального солнца. На данном этапе объяснения гипотезу о туманностях представить труднее, чем в тех ее частях, которые уже были описаны, поскольку теперь мы должны понять, как планеты и спутники отделили свою материю друг от друга и от центра Солнца и почему они стали вращаться вокруг этого центрального тела. Эти проблемы лучше всего понять, обратив внимание на некоторые знакомые примеры, связанные с движением жидкостей и газов к центру. Сначала давайте рассмотрим случай бассейна, в котором воде позволяют вытекать через отверстие в его центре. Когда мы поднимаем пробку, жидкость на мгновение выливается прямо вниз через отверстие. Однако очень быстро все частицы воды начинают двигаться к центру, и почти сразу масса начинает вращаться с такой скоростью, что, хотя она движется к середине, своим движением она отталкивается от центра и образует коническое углубление. Как бы часто мы ни экспериментировали, эффект всегда один и тот же. Таким образом, мы видим, что существует некий принцип, который заставляет частицы жидкости, стремящиеся к центру, не достигать его напрямую, а пробиваться к нему окольным путем, вращаясь.

Хотя этот факт не так легко увидеть глазом, тот же принцип проиллюстрирован вихревыми штормами, при которых, как мы позже отметим более подробно, воздух у поверхности земли движется к своего рода трубе, по которой он выходит в верхние слои атмосферы. Изучение циклонов и торнадо или даже небольших воздушных завихрений, которые в жаркую погоду поднимают пыль с наших улиц, показывает, что частицы атмосферы, устремляясь к центру восходящего движения, совершают то же вращательное движение, что и молекулы воды в бассейне — фактически, эти два действия совершенно сопоставимы во всех существенных отношениях, за исключением того, что жидкость движется вниз, в то время как воздух течет вверх. Вкратце, причина движения жидкости и газа вихревым способом заключается в следующем: если бы каждая частица на своем пути к центру двигалась по совершенно прямой линии к точке выхода, поток сходил бы непосредственно, а траектории движения напоминали бы спицы колеса. Но когда случайно одна из частиц хоть немного отклоняется в сторону от прямого пути, обязательно возникает небольшое боковое движение. Это движение было бы вызвано тем фактом, что частица, которая следовала по изогнутой линии, прижималась бы к частицам на внешней стороне своего пути - или, другими словами, немного подталкивала бы их в этом направлении — до такой степени, что они отклонялись бы от прямой линии, они, в свою очередь, сообщали бы толчок следующей за ней. Когда две частицы таким образом толкаются по одну сторону от своих траекторий, действие, вызывающее вращение, удваивается, и, как мы легко видим, таким образом может быть быстро затронута вся масса, частицы, смещенные со своего пути, движутся по кривой к центру. Мы также видим, что действие носит накопительный характер: чем более изогнута траектория каждой частицы, тем эффективнее она толкается; и поэтому в случае с бассейном мы видим, как на наших глазах быстро развивается вращение.

Падая к центру, частицы звездной пыли или пара, все до единого, были бы способны двигаться по совершенно прямой линии не больше, чем частицы воды в бассейне. Если бы человек потратил всю свою жизнь на наполнение и опорожнение такого сосуда, можно с уверенностью сказать, что он никогда бы не упустил возможности понаблюдать за вращательным движением. Поскольку частиц вещества в массе туманности, которая должна была стать солнечной системой, невообразимо больше, чем частиц воды в бассейне или воздуха в атмосферном вихре, вероятность возникновения вихря у небесных тел настолько велика, что мы можем предположить, что это неизбежно произойдет.

Поскольку в древности пары стремились к центру нашей солнечной системы, а масса вращалась, есть основания полагать, что в ней происходили кольцеобразные разделения. При закручивании указанным способом масса пара или пыли сплющивается в диск или тело круглой формы со значительно большим диаметром в плоскости ее закручивания. По мере продолжения процесса концентрации этот диск, как предполагается, разделился на кольцеобразные массы, некоторое приближение к которым мы можем различить в существующих туманностях, которые здесь и там среди более удаленных неподвижных звезд, по-видимому, проходят такие стадии развития по отношению к солнечным системам. Разумно предположить, что после того, как эти кольца были сформированы, они распались бы на куски, и материя в них собралась бы в сферу, которая со временем должна была стать планетой. Самое внешнее из этих колец привело к образованию планеты, наиболее удаленной от Солнца, и, вероятно, было первой, отделившейся от родительской массы. Затем внутри последовательно образовались кольца, каждое из которых, в свою очередь, привело к созданию другой планеты, причем само солнце было остатком, гораздо большей частью всей массы материи, которая не разделилась описанным образом, а сконцентрировалась в своем центре. Каждое из этих планетарных скоплений пара имело тенденцию образовывать, вращаясь вокруг своего центра, собственные кольца, которые, в свою очередь, путем дробления и концентрации образовывали спутники или луны, которые обращаются к Земле, как и ко всем планетам, расположенным дальше от солнца, чем наша сфера.

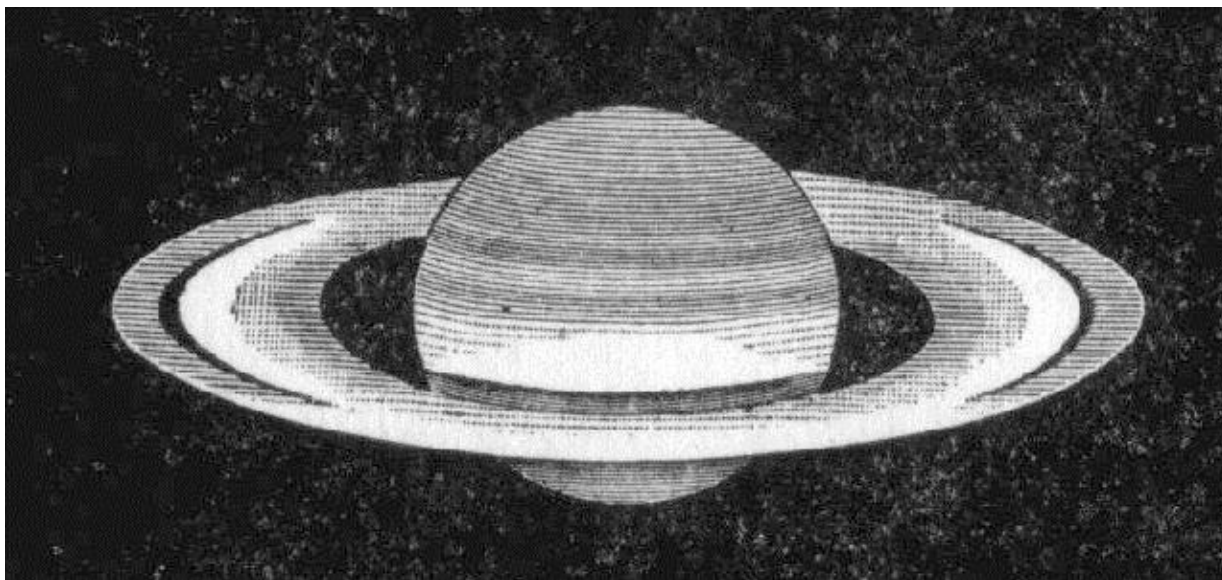


Рис. 1.

Сатурн, 26 января 1889 г. (Антониади).

Как бы в доказательство того, что планеты и спутники солнечной системы образовались примерно так, как мы это описали, одна из этих сфер, сатурн, сохраняет кольцо, или, скорее, полосу, которая, по-видимому, неясно разделена на несколько колец, которые лежат между его группой спутников и главной сферой. Как это кольцо сохранилось, когда все остальные исчезли, и каков точный состав массы, пока точно не установлено. Однако кажется очевидным, что оно не может состоять из твердого вещества. Это либо пыль, либо маленькие сферы, которые могут свободно перемещаться друг относительно друга; в противном случае, как показывают расчеты, напряжения, вызванные притяжением, которое сам Сатурн и его спутники оказывают на него, разорвали бы его на куски. Хотя эта кольцевая теория образования планет и спутников полностью не доказана, наличие такой структуры, как та, что окружает Сатурн, дает предположительное доказательство того, что она верна. Взятое в связи с тем, что мы знаем о туманностях, доказательство небулярной гипотезы Лапласа можно справедливо считать полным.

Следует сказать, что некоторые из неподвижных звезд не являются изолированными солнцами, как наше собственное, а состоят из двух больших сфер, вращающихся друг вокруг друга; поэтому их называют двойными звездами. Движения этих тел очень своеобразны, и их условия показывают нам, что неверно предполагать, что солнечная система, в которой мы обитаем, является единственным типом порядка, преобладающим в небесных семействах; действительно, могут быть и другие вариации, пока не обнаруженные. Тем не менее, эти различия не оставляют сомнений в существенной истинности теории относительно процесса развития небесных систем. Хотя существует много возможностей для дискуссий относительно деталей этой работы, общая истинность теории принимается почти всеми изучающими проблему.

Особым преимуществом небулярной гипотезы является то, что она служит для объяснения энергии, которая проявляется в виде света и тепла на солнце и неподвижных звездах, а также той, которая все еще присутствует в массе нашей земли и, несомненно,

также в других больших планетах. Предполагается, что когда материя, из которой состояли эти сферы, была рассеяна по областям пространства, у нее не было положительной температуры и она была темной, реализуя концепцию, которая появляется в первой главе книги Бытия: "бесформенная и пустая". С каждой стадией падения к солнечным центрам то, что называется "энергией положения" этой первоначальной материи, преобразовывалось в свет и тепло. Чтобы понять, как это происходило, читателю следует рассмотреть некоторые простые, но благородные обобщения физики. Мы с готовностью признаем тот факт, что, когда молоток часто падает на наковальню, он нагревает себя и металл, по которому ударяет. Те, кому удавалось наблюдать падение метеоритов с небес, отмечали, что, когда они падали на землю, их поверхность была, по крайней мере на своей, чрезвычайно горячей. Любой может наблюдать сияющие метеоры, время от времени вспыхивающие в небе. Обычно известно, что это очень маленькие частицы вещества, вероятно, не крупнее песчинок, которые, врываясь в нашу атмосферу, так нагреваются от трения, с которым они сталкиваются, что сгорают до газа или пара прежде, чем достигают земли. Поскольку мы знаем, что эти частицы происходят из звездных пространств, где температура где-то на 500° ниже 0° по Фаренгейту, очевидно, что свет и тепло не попадают с ними в атмосферу; это можно объяснить только тем фактом, что, попадая в воздух, они движутся со средней скоростью около двадцати миль в секунду, и что энергия, которую представляет это движение, преобразуется в тепло за счет сопротивления, с которым сталкивается тело. Этот факт поможет нам понять, как первоначальная звездная пыль, падая к центру притяжения, смогла преобразовать то, что мы называли энергией положения, в температуру. Мы ясно видим, что каждая такая частица пыли или более крупный фрагмент материи, падающий на землю, вызывает выделение тепла, даже если на самом деле он не ударяется о твердую массу нашей сферы. Представлению о том, что происходило при объединении первоначально рассеянных материалов солнца и планет, может в некоторой степени помочь простой эксперимент. Если мы плотно вставляем поршень в цилиндр, а затем внезапно опускаем его сильным ударом, сжатый воздух нагревается настолько, что из-за него может возникнуть возгорание. Если бы поршень двигался медленно, то при сжатии выделялось бы такое же количество тепла, или, как мы могли бы лучше сказать, высвобождалось, хотя эффект был бы не таким поразительным. Множество экспериментов показывают, что, когда данная масса вещества занимает меньше места, практически во всех случаях повышается температура. Энергия, которая удерживала частицы порознь, при их сближении преобразуется в тепло. Эти два класса воздействий несколько различаются по своей природе; в случае метеоров или эквивалентной звездной пыли сближение частиц происходит под действием силы тяжести. В описанном выше эксперименте с цилиндром сжатие происходит за счет механической энергии, силы другой природы.

Есть основания полагать, что все наши планеты, а также само солнце, а также мириады других планет космоса прошли через стадии перехода, при котором постоянно концентрирующийся пар, притягиваемый гравитацией, становился все более горячим и плотным, пока не принял состояние жидкости. Эта жидкость постепенно отдавала свое тепло холодным небесным пространствам и становилась все более концентрированной, а температура - все более низкой, пока в конце концов, как в случае с нашей землей и

другими планетами, она не перестала светиться снаружи, хотя оставалась сильно нагретой во внутренних частях. Легко видеть, что скорость этого охлаждения была бы в некоторой пропорции к размеру сферы. Таким образом, земля, которая относительно мала, стала относительно холодной, в то время как само солнце, из-за своей значительно большей массы, все еще сохраняет чрезвычайно высокую температуру. Причину этого можно легко понять, сравнив скорость охлаждения, которая наблюдается во многих наших обычных ситуациях. Таким образом, флакон с горячей водой быстро нагреется до температуры воздуха, в то время как большой кувшин, наполненный жидкостью той же температуры, будет сохранять свое тепло во много раз дольше. Причина этого кроется в простом принципе, согласно которому содержимое сферы увеличивается по мере ее расширения быстрее, чем поверхность, по которой происходит охлаждение.

Современные исследования физической истории Солнца и других небесных тел показывают, что их первоначальный запас тепла постоянно утекает в пустые сферы космоса. Скорость, с которой эта форма энергии уходит от солнца, огромна за пределами возможностей воображения; таким образом, в случае нашей земли, которая при взгляде с солнца казалась бы не более чем маленькой звездой, количество тепла, которое падает на нее из великого центра, достаточно каждый день, чтобы растопить, если бы все это можно было использовать для такой работы, около восьми тысяч кубических миль льда. Однако земля получает только $\frac{1}{2}$ 170 000 000 частей солнечной радиации. Большая часть этого солнечного тепла — фактически, мы можем сказать, что почти все оно — проходит мимо немногих и относительно небольших планет и исчезает в великой пустоте.

Судьба всех небесных сфер, по-видимому, со временем такова, что они остынут до температуры, намного ниже любой из тех, которые сейчас наблюдаются на этой земле. Даже солнце, хотя его жар, несомненно, сохранится еще миллионы лет, должно со временем, насколько мы можем видеть, стать темным и холодным. Насколько нам известно, мы не можем найти определенного метода, с помощью которого можно было бы восстановить жизнь медленно угасающих солнц. Однако было высказано предположение, что во многих случаях планетная система, достигшая безжизненной и лишенной света стадии, может при столкновении с каким-либо другим объединением сфер быть в результате удара возвращена в свое предыдущее состояние пара, общая масса сталкивающихся систем снова возобновит процесс концентрации, через который она прошла ранее. Время от времени было замечено, как звезды внезапно вспыхивают необычайной яркостью, что наводит на мысль о том, что возможно, их тепло было восстановлено в результате столкновения с какой-то огромной массой, упавшей на них из небесных пространств. В этой области есть место для множества предположений, но, по-видимому, никакой уверенности достичь невозможно.

Древние верили, что свет и тепло — это эманации, которые испускаются телами, которые по существу производят их, подобно тому как запахи испускаются многими веществами. Со времен Ньютона исследования привели нас к убеждению, что эти эффекты температуры вызываются колебаниями, имеющими общий характер волн, которые распространяются в пространстве с большой скоростью. Когда луч света исходит от

солнца или другого светящегося тела, он не передает никакой части массы; он передает только движение. Возможно, лучше всего составить представление об этом действии, подвесив несколько шариков из слоновой кости, камня или другого твердого вещества, каждый на шнуре, расположив их так, чтобы они касались друг друга. Затем, нанося удар по одному концу линии, мы наблюдаем, что мяч на дальнем конце линии приходит в движение, немного отклоняясь от того места, которое он занимал раньше. Движение промежуточных шаров может быть настолько незначительным, что ускользает от внимания. Таким образом, мы понимаем, что энергия может передаваться от одной из этих маленьких сфер к другой. Внимательное наблюдение показывает нам, что под воздействием импульса, который дает удар, каждое отдельное тело начинает сильно раскачиваться внутри себя подобно колоколу, когда в него звонят, и что движение передается объекту, с которым оно соприкасается. Проходя от солнца к земле, свет и тепло пересекают пространство, которое, как мы знаем, в значительной степени лишено каких-либо материалов, составляющих массу земли или солнца. Если судить по стандартам, которые мы можем применить, это пространство должно быть по существу пустым. Однако, поскольку через него проходят движения, мы должны верить, что оно занято чем-то, обладающим определенными свойствами материи. Он действительно обладает одним из важнейших свойств всех веществ, поскольку может вибрировать. Эта практически неизвестная вещь называется эфиром.

Первая важная работа по наблюдению, проведенная древними, привела их к пониманию того, что существует очень характерная разница между планетами и неподвижными звездами. Они отметили тот факт, что планеты непрерывно перемещались по небу, в то время как неподвижные звезды практически не меняли своего положения по отношению друг к другу. Долгое время считалось, что эти, а также более отдаленные неподвижные звезды вращаются вокруг земли. Эта ошибка, хотя и велика, вполне понятна, поскольку очевидное проявление движения - это, по сути, то, что было бы вызвано, если бы они действительно вращались вокруг нашей сферы. Только когда была понята истинная природа земли и ее отношение к солнцу, люди смогли исправить это первое представление. На самом деле, только в относительно современные времена Солнечная система стала восприниматься как нечто независимое и далеко отдаленное от системы неподвижных звезд; что пространства, разделяющие членов нашей собственной солнечной семьи, какими бы непостижимо большими они ни были, всего лишь ничтожны по сравнению с интервалами, которые отделяют нас от более близких неподвижных звезд. На этой стадии наших знаний люди пришли к благородному предположению, что каждая из неподвижных звезд сама по себе является солнцем, каждая из мириад, вероятно, окружена планетарными телами, подобными тем, которые существуют вокруг нашего собственного светила.

Изучающему будет полезно совершить воображаемое путешествие от солнца в космос вдоль плоскости, на которой простирается то обширное скопление звезд, которое мы называем Млечным Путем. Пусть он предположит, что его путешествие могло бы быть совершено со скоростью, близкой к скорости света, или, скажем, со скоростью около двухсот тысяч миль в секунду. Вполне уместно, что воображение, которое свободно проходит через все, должно совершать такие экскурсии. На предполагаемом исходе

наблюдатель преодолел бы интервал между солнцем и землей примерно за восемь минут. Потребуется несколько часов, прежде чем он достигнет внешней границы солнечной системы. На своем прямом пути он должен был пройти по орбитам нескольких планет. Некоторые из них находились бы по ту или иную сторону его пути; мы должны были бы сказать "выше" или "ниже", если бы не тот факт, что мы оставляем эти термины позади в небесном царстве. На окраине солнечной системы солнце казалось бы уменьшенным до состояния, когда оно было едва ли больше более ярких других неподвижных звезд. Дальнейший путь тогда вел бы через пустоту, на преодоление которой потребовались бы годы. Постепенно солнце, которое находилось бы наиболее прямо на его пути, становилось бы больше; при более близком приближении оно открывало бы свои планеты. Предположим, что путь пролегал через эту солнечную систему, и там, несомненно, были бы обнаружены планеты и спутники в их порядке, несколько напоминающем планеты нашей собственной солнечной семьи, но, несомненно, открывшийся вид преподнес бы много сюрпризов. По прибытии к первому солнцу, которое предстоит посетить, хотя небеса изменили бы свою форму, все существующие созвездия изменились бы с изменением точки зрения, все равно остался бы один знакомый элемент в том, что новооткрытые планеты были бы рядом, а ближайшие неподвижные звезды - далеко на небосводе.

Со скоростью света можно было бы совершить звездное путешествие по Млечному Пути, которое длилось бы тысячи лет. На протяжении всего пути путешественник видел бы один и тот же обширный пояс звезд, слабых из-за того, что они были далеко, который дает тусклый свет нашей галактике. Маловероятно, что он обнаружил бы отдельные солнца гораздо более собранными или значительно более удаленными друг от друга, чем они находятся в той части Млечного Пути, которую сейчас занимает наше солнце. Глядя вперед, по обе стороны от "галактической плоскости", мы увидели бы ту же россыпь звезд, которую мы видим сейчас, когда смотрим под прямым углом к пути, который, как мы предполагаем, проходит дух.

Поскольку форма Млечного Пути неправильная, а масса, действительно, имеет определенные любопытные деления и ответвления, вполне возможно, что предполагаемый путь иногда проходил по ту или иную сторону обширного звездного слоя. В таком положении глаз смотрел бы вперед, на пустой небосвод, за исключением того, что вдалеке, возможно, через десятки тысяч лет со скоростью, с которой свет удаляется от наблюдателя, могут находиться другие галактики или Млечные Пути, по существу подобные той, которую он пересекал. В какой-то момент путешественник достигал границы нашего звездного слоя, откуда он снова смотрел в безлюдные небеса, хотя даже там он мог различить другие отдаленные звездные группы, отделенные от его собственной большими промежутками пустоты.

Открытия телескопа показывают нам определенные особенности в строении и движении неподвижных звезд, которые сейчас требуют нашего внимания. Во-первых, очевидно, что

не все эти тела находятся в одинаковом физическом состоянии. Хотя большая часть этих далеких светящихся масс, очевидно, находится в агрегатном состоянии, демонстрируемом нашим собственным солнцем, многие из них в большей или меньшей степени сохраняют тот парообразный, возможно, пылеобразный характер, который, как мы предполагаем, был древним состоянием всей материи во Вселенной. Некоторые из этих масс выглядят как слабые, почти неразличимые облака, которые даже в самый большой телескоп и с самым натренированным зрением не обнаруживают отчетливых особенностей структуры. В других случаях туманный вид представляет собой едва ли что-то большее, чем туман вокруг достаточно отчетливой центральной звезды. И снова, и это особенно красиво в большой туманности созвездия Ориона, облачная масса, хотя и едва видимая невооруженным глазом, демонстрирует разделение на множество отдельных частей, при этом целое выглядит так, как будто находится в процессе концентрации вокруг множества различных центров.

Многие астрономы обоснованно полагают, что туманности являются примерами древнего состояния физической вселенной, масс материи, которые по какой-то пока неизвестной причине не продвинулись в своей консолидации до такой степени, чтобы приобрести характеристики солнц и сопутствующих им планет.

Многие неподвижные звезды, неполный список которых в настоящее время насчитывает несколько сотен, любопытным образом изменяют количество света, которое они посылают на землю. Иногда эти колебания кажутся нерегулярными, но в большинстве случаев они имеют фиксированные периоды, когда звезда прибывает и убывает с интервалами, варьирующимися от нескольких месяцев до нескольких лет. Хотя некоторые из внезапных вспышек звезд от кажущихся малыми размерами до почти наибольшей яркости могут быть вызваны катастрофами, такими, которые могут быть вызваны внезапным падением масс вещества на светящиеся сферы, более вероятно, что изменения, которые мы наблюдаем, обусловлены тем фактом, что два солнца, вращающиеся вокруг общего центра, находятся на разных стадиях угасания. Вполне возможно, что один из этих шаров, предположительно меньший, настолько потерял температуру, что перестал светиться. Если бы в своем вращении она регулярно проходила между землей и ее светящимся спутником, результатом было бы примерно такое изменение количества света, какое мы наблюдаем.

Предположение о том, что яркое солнце и относительно темное солнце могут вращаться вокруг общего центра тяжести, на первый взгляд может показаться невероятным. Однако факт остается фактом: какими бы несовершенными на самом деле ни были наши наблюдения за звездами, мы знаем много примеров, когда происходит такого рода обращение одной звезды вокруг другой. В некоторых случаях эти звезды имеют одинаковую яркость, но в других одно из светил намного ярче другого. От этого состояния к состоянию, когда одна из звезд настолько темна, что становится невидимой, переход весьма незначителен. Одним словом, факты свидетельствуют о том, что, хотя мы видим только светящиеся сферы космоса, темные тела, населяющие небеса, возможно, столь же многочисленны, как и те, которые посылают нам свет, и поэтому кажутся звездами.

Помимо больших сфер пространства, существует огромное множество меньших тел, метеоритов и комет, которые, по-видимому, частично являются членами нашей солнечной системы и, возможно, других подобных систем, а частично странниками в обширном царстве, которое находится между солнечными системами. Из них мы сначала рассмотрим метеоры, о которых нам известно гораздо больше всего; хотя даже о них, как мы увидим, наши знания ограничены.

Время от времени любой звездной ночью, и особенно в определенные периоды года, мы можем наблюдать на расстоянии пятидесяти или более миль над поверхностью земли то, что обычно называют "падающими звездами". Большинство из этих сверкающих метеоров, очевидно, очень маленькие, вероятно, не крупнее крошечных песчинок, возможно, не крупнее осколков, которые можно было бы назвать пылью. Они поднимаются в воздух со скоростью около тридцати миль в секунду. Они настолько малы, что сгорают до пара при очень сильном нагреве, возникающем при их трении о воздух, и не достигают поверхности земли. Их так много, что в среднем несколько сотен тысяч, вероятно, ежедневно попадают в атмосферу Земли. Время от времени падают тела покрупнее — тела достаточной массы, чтобы не сгореть в воздухе, но которые опускаются на землю. Они могут быть от самых маленьких размеров, которые можно наблюдать, до масс весом во много сотен фунтов. Их гораздо меньше, чем пылевых метеоритов; однако вполне вероятно, что несколько сотен осколков ежегодно достигают поверхности Земли. Они прибывают из различных направлений пространства, и пока еще нет средств определить, сформировались ли они каким-то образом в пределах нашей планетной системы или же они пришли к нам из более отдаленных миров. Мы знаем, что они частично состоят из металлического железа, смешанного с никелем и углеродом (иногда в виде очень мелких алмазов), что редко, если вообще когда-либо встречается на поверхности нашей сферы, и имеют структуру, по существу неизвестную в ее залежах. Частично они состоят из материалов, которые чем-то напоминают определенные лавы. Вполне возможно, что эти осколки железа и камня, составляющие метеориты, были выброшены в планетарное пространство в результате извержения вулкана на нашей собственной и других планетах. Если их выбросить с достаточной энергией, осколки выйдут из-под контроля притяжения сферы, откуда они прилетели, и станут независимыми странниками в космосе, перемещаясь вокруг Солнца по различным орбитам, пока их снова не притянут к себе некоторые из больших планет.

Попадая к нам, эти метеориты часто распадаются в атмосфере, и их осколки иногда разлетаются по обширной территории страны. Так, в случае с метеоритом округа Кок в Теннесси, одним из видов железа, фрагменты, возможно, тысячами, образовавшиеся в результате взрыва тела, были разбросаны на площади в несколько тысяч квадратных миль. Когда они достигают поверхности в своем естественном виде, эти метеоры всегда имеют любопытный измятый вид, что наводит на мысль о том, что они подвергались частым столкновениям в своих путешествиях после того, как образовались в результате какого-то сильного раздирающего воздействия.

В некотором очевидном родстве с метеоритами могут быть классифицированы кометы. Особенностью этих тел является то, что в большинстве случаев они кажутся более или менее полностью пареообразными. Устремляясь вниз из глубин небес, эти тела обычно

выглядят как слабо светящиеся облачные массы. Когда они приближаются к солнцу, от несколько уплотненной головки отходят длинные струйки пара. Вращаясь вокруг этого центра, они снова отправляются во внешнее царство. Когда они отступают, их хвостоподобные ленты, кажется, снова собираются в центре, а когда они исчезают из виду, они снова объединяются. В некоторых случаях предполагалось, что по крайней мере часть кометной массы была твердой. Однако имеющиеся данные показывают, что вещество находится в пылевидном или парообразном состоянии и что вес этих тел относительно очень мал.

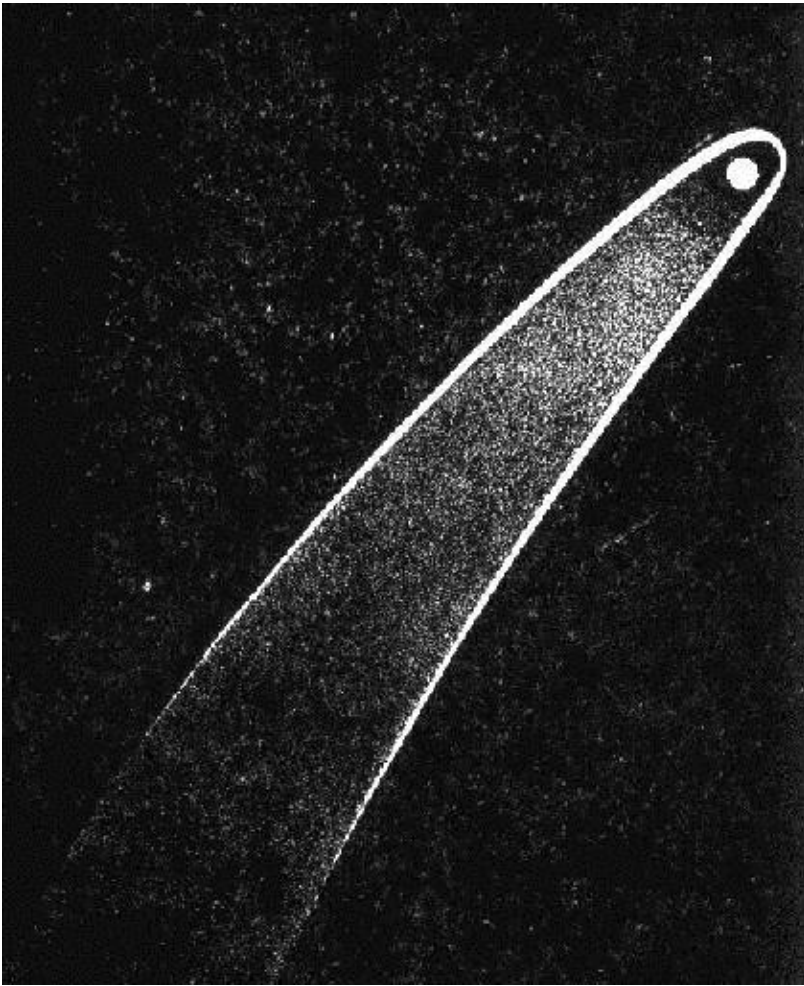


Рис. 2. Большая комета 1811 года, одна из множества разнообразных форм этих тел.

Из-за своего странного внешнего вида кометы были для древних предзнаменованиями бедствий. Иногда их представляли в виде пылающих мечей; их формы, действительно, поддаются такому представлению. Считалось, что они предвещают войну, голод и смерть королей. Опять же, в более современные времена, когда они не рассматривались как предзнаменования бедствия, существовали опасения, что эти странники, странствующие по нашей солнечной системе, могут случайно вступить в контакт с землей с катастрофическими последствиями. Такие столкновения не являются невозможными по той причине, что планеты были бы склонны притягивать к себе эти странствующие тела,

если бы они приближались к своим сферам; однако вероятность того, что такие столкновения произойдут с землей, настолько мала, что ими можно пренебречь.

ДВИЖЕНИЕ СФЕР.

Хотя мало что известно о движениях, происходящих среди небесных тел за пределами сферы нашей солнечной семьи, то, что было установлено, имеет огромное значение и позволяет предположить, что все солнца в космосе совершают быстрые перемещения, которые по своей скорости равны, если не превышают, скорости движения между планетарными сферами, которая, в общем, может составлять около двадцати миль в секунду. Вся наша солнечная система движется прочь от одних звезд и в направлении других, расположенных в противоположной части небес. Доказательством этого факта являются наблюдения, которые показывают, что с одной стороны от нас звезды, по-видимому, сближаются друг с другом, в то время как с другой стороны они удаляются друг от друга все дальше. Одним словом, это явление имеет перспективу, и его можно сделать реальным для понимания, отметив, что происходит, когда мы идем по улице, вдоль которой горят фонари. Мы с готовностью замечаем, что эти огни, кажется, приближаются к нам сзади и увеличивают свои интервалы в направлении, в котором мы движемся. Благодаря таким доказательствам астрономы убедились, что наша сфера вместе с управляющим ею солнцем каждую секунду удаляется на десятки миль от точки, где она была раньше.

Есть еще одно и наиболее любопытное свидетельство, которое показывает, что некоторые звезды движутся к нашей части неба с огромной скоростью, в то время как другие удаляются от нас своим собственным движением. Эти указания получены из изучения линий в свете, которые мы обнаруживаем в спектре при критическом рассмотрении. Положение этих пересекающихся линий, как мы знаем, зависит от движения тела, от которого исходит свет, и путем тщательного анализа фактов было довольно точно определено, что искажение их положения происходит из-за очень быстрого движения нескольких звезд. Еще не ясно, являются ли эти движения нашего солнца и других солнечных тел прямыми или большими кругами.

Следует отметить, что, хотя данные спектроскопа показывают, что вещество в звездах сродни веществу нашей собственной земли, есть основания полагать, что эти огромные сферы сильно отличаются друг от друга по величине.

Теперь мы изложили некоторые важные факты, демонстрируемые звездной вселенной. Совокупность деталей, касающихся этой области, обширна, и выводы, сделанные на ее основе, важны; однако только часть вопроса, с которым она имеет дело, по своей природе должна быть понята студентом, который не подходит к этому с несколько профессиональной точки зрения. Поэтому теперь мы обратимся к описанию той части звездного мира, которая находится в пределах нашей солнечной системы. Там влияние нескольких сфер на нашу планету имеет жизненно важное значение; они определенным образом влияют, если не контролируют, на все операции, происходящие на поверхности земли.

СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА.

Мы видели, что материя в видимой вселенной повсюду имеет тенденцию собираться в обширные объединения, которые кажутся нам звездами, и что эти сферы находятся в непрерывном движении, путешествуя в пространстве. Только в одном из этих скоплений — том, что составляет нашу собственную солнечную систему, — тела находятся достаточно близко к нашим глазам, чтобы мы, даже имея возможности наших телескопов и других инструментов, могли угадать что-то в деталях, которые они демонстрируют. Изучая все, что мы можем, относительно семейства солнца, планет и их спутников, мы можем быть вполне уверены, что прослеживаем историю, которая со многими различиями в целом повторяется в развитии каждой звезды на небосводе. Таким образом, запрос является одним из самых разнообразных и важных.

Следуя, насколько это возможно, небулярной гипотезе — точке зрения, которая, хотя и не полностью доказана, в высшей степени вероятна, — мы можем рассматривать нашу солнечную систему как возникшую, когда материя, из которой она состоит, тогда в тонкоизмельченном, облачном состоянии, была отделена от аналогичного материала, из которого образовались соседние неподвижные звезды. Период, когда наша солнечная система начала свою индивидуальную жизнь, был так далек, что его невозможно было даже представить. Натуралисты вполне согласны с тем, что живые существа начали существовать на земле по меньшей мере сто миллионов лет назад; но начало нашей солнечной системы следует относить к дате, во много раз более отдаленной от наших дней.^[1]

Согласно теории туманностей, первоначальный пар солнечной системы начал опускаться к ее центру и вращаться вокруг этой точки задолго до того, как масса сократилась до нынешних пределов солнечной системы, определяемых траекторией движения самых удаленных планет. На последовательных стадиях концентрации кольца, подобные кольцам Сатурна, отделялись от дискообразной массы, каждое из которых распадалось и объединялось в тело туманной материи, которое следовало по тому же пути, обычно образуя кольца, которые в результате того же процесса становились лунами или спутниками сферы. Таким образом, солнце породило восемь известных планет и, возможно, другие небольшого размера на внешней границе системы, которые ускользнули от открытия. Согласно этой точке зрения, массы планет рождались последовательно, причем самая удаленная была самой старой. Однако авторитетный источник утверждает, что масса солнечной системы сначала сформировала бы довольно плоский диск, а несколько колец сформировались бы и распались на планеты примерно в одно и то же время. Условия на Сатурне, где внутреннее кольцо остается разделенным, подтверждают только что изложенную точку зрения.

Прежде чем сделать краткое описание нескольких планет, астероидов и спутников, будет полезно в общих чертах рассмотреть движения этих тел вокруг своих центров и вокруг солнца. Наиболее характерным и неизменным из этих движений является то, посредством которого каждая из планетных сфер, а также спутники описывают орбиту

вокруг центра притяжения, который оказывает на нее наибольшее влияние, — солнца. Чтобы понять природу этого движения, хорошо было бы представить себе единственную планету, вращающуюся вокруг солнца, каждое из этих тел представляет собой идеальные сферы, а два этих тела - единственные члены солнечной системы. В этом случае притяжение двух тел заставило бы их вращаться вокруг общего центра тяжести, который, если бы планета не была больше, а солнце меньше, чем это имеет место в нашей солнечной системе, находился бы в пределах массы Солнца. По мере того, как два тела будут приближаться друг к другу по размеру, центр тяжести будет приближаться к средней точке на линии, соединяющей две сферы. В этом состоянии солнца с единственной планетой, какими бы ни были относительные размеры солнца и планеты, орбиты, по которым они движутся, были бы круговыми. При таком положении дел следует отметить, что каждое из двух тел имело бы свою плоскость вращения постоянно в одном и том же положении. Даже если бы сферы были более или менее сплюснуты относительно полюсов своих осей, как в случае со всеми планетами, которые мы смогли тщательно измерить, а также с солнцем, при условии, что оси вращения были точно параллельны друг другу, взаимное притяжение масс не вызвало бы возмущения сфер. То же самое было бы, если бы полярная ось одной сферы располагалась точно под прямым углом к оси другой. Если бы, однако, сферы были несколько сплюснены на полюсах, а оси наклонены друг к другу, то притяжение одной массы к другой заставляло бы полярные оси поддерживать постоянное движение, которое называется нутацией, или киванием.

Причину, по которой это наклонное движение полярных осей происходило, когда эти линии были наклонены друг к другу, нетрудно увидеть, если вспомнить, что притяжение масс друг к другу обратно пропорционально квадрату расстояния; каждая сфера, притягивая экваториальную выпуклость другой, наиболее эффективно притягивает ту ее часть, которая находится ближе всего, и стремится притянуть ее вниз к своему центру. В результате осей притягиваемых сфер придается колебательное движение, подобное тому, которое мы можем заметить во вращающемся волчке, хотя в игрушке причина движения не та, которую мы рассматриваем.

Если теперь, в этом превосходном поле для эксперимента, который мы проводим, мысленном взоре, мы добавим вторую планету за пределами единственной сферы, которая, как мы до сих пор предполагали, движется вокруг Солнца, или, скорее, вокруг общего центра тяжести, мы сразу поймем, что ввели элемент, который приводит к усложнению большой важности. Новая сфера, конечно, будет притягивать другие в меру своей гравитационной ценности, то есть своего веса. Центр тяжести системы теперь будет определяться не двумя отдельными телами, а тремя. Если мы предположим, что вторая планета движется вокруг Солнца с такой скоростью, что центры трех орбит всегда соединяются прямой линией, то единственным воздействием на их центр притяжения было бы удаление первой упомянутой планеты немного дальше от центра солнца; но в нашей собственной солнечной системе и, вероятно, во всех других это предположение неприемлемо, потому что планетам предстоит совершить более длительный путь, а также двигаться медленнее, чем дальше они находятся от солнца. Таким образом, Меркурий завершает кругооборот своего года за восемьдесят восемь наших дней, в то время как самой удаленной планете требуется шестьдесят тысяч дней (более ста шестидесяти

четырёх лет) для выполнения той же задачи. Результатом является не только то, что центр тяжести системы несколько смещается — что само по себе не имеет большого значения, — но также и то, что орбита исходной планеты перестаёт быть круглой и становится эллиптической, и это по той очевидной причине, что сфера будет несколько удалена от солнца, когда вторая планета окажется в части своей орбиты, непосредственно выходящей за пределы своего положения, и в этом случае притяжение будет удалено от центра солнца; в то время как, с другой стороны, когда новая планета находилась по другую сторону от Солнца, её притяжение усилило бы притяжение, которое притянуло первую сферу к центру тяжести. Поскольку притягивающее действие трех тел друг на друга, а также на их экваториальные выступы, изменялось бы при каждом изменении их относительного положения, каким бы незначительным оно ни было, изменения формы их орбит, даже если бы сфер было всего три, были бы очень важны. Последствия этих пертурбаций проявятся в дальнейшем.

Хотя в нашей солнечной системе всего восемь крупных планет, группа астероидов и, возможно, дюжина спутников, развитое разнообразие орбитальных и осевых перемещений требует вычислительного гения самого способного астронома. Путь, по которому движется наша земля вокруг Солнца, хотя в общих чертах и для удобства его можно описать как переменный эллипс, на самом деле представляет собой линию такой сложности, что, если бы мы нарисовали её диаграмму в масштабе этой страницы, было бы невозможно представить сколько-нибудь значительную часть её отклонений. На самом деле, они не поддавались бы описанию, даже если бы у рисовальщика был лист для рисования размером с саму орбиту, поскольку каждая частица материи в космосе, даже если она находится за пределами самых дальних звезд, видимых нам в телескоп, обладает определенным притяжением, которое, каким бы малым оно ни было, оказывает влияние на массу земли. Наука должна формулировать свои выводы в общих чертах, и мы можем смело принимать их как таковые; но в этом, как и в других случаях, хорошо бы квалифицировать наше принятие утверждений памяти о том, что все вещи бесконечно сложнее, чем мы можем себе представить.

Далее мы должны рассмотреть вращение планетарных сфер вокруг своих осей вместе с аналогичным движением или его отсутствием в случае их спутников. Это вращение, согласно небулярной гипотезе, может быть объяснено движениями, которые возникли бы в той части материи, которая сначала была кольцом солнечной туманности, а затем собралась в планетарное скопление. Способ этого можно вкратце изложить следующим образом: такое кольцо, несомненно, имело диаметр в несколько миллионов миль; мы легко видим, что частицы вещества во внешней части пояса должны были бы быстрее перемещаться вокруг солнца, чем частицы внутри. Когда в результате какого-либо возмущения, например, при прохождении большого метеоритного тела со значительной гравитационной силой, это кольцо разрывалось надвое, частицы, составляющие его с обеих сторон, из-за их взаимного притяжения стремились удалиться от разрыва, расширяя этот разрыв до тех пор, пока вещество разорванного кольца не собиралось в сферу звездной пыли или пара. Когда туманное вещество, первоначально находившееся в кольце, объединилось в сферическую форму, оно, из-за различных скоростей, с которыми частицы двигались, когда они собирались вместе, с большей вероятностью

должно было падать к центру не по прямым линиям, а по кривым - другими словами, масса обязательно начала бы движение, вращательное, по существу подобное тому, которое мы описали при изложении небулярной гипотезы.

На стадиях концентрации планетарные туманности вполне могли повторять те, через которые проходила большая солнечная масса. Если бы объем материала был большим, образовались бы подчиненные кольца, которые, распавшись и сконцентрировавшись, образовали бы вторичные планеты или спутники, такие как наша Луна. По какой-то пока неизвестной причине внешние планеты — фактически, все планеты Солнечной системы, за исключением двух внутренних, Венеры и Меркурия, а также астероидов, — образовали таких сопровождающих. Все эти кольца, образующие спутники, распались и сконцентрировались, за исключением внутреннего кольца Сатурна, которое остается интеллектуальным сокровищем Солнечной системы, демонстрирующим историю ее развития.

Для изучающего, который не стремится к полноте знаний, которые может предложить астрономия, но желает лишь познакомиться с более важными небесными явлениями, которые помогают объяснить землю, эти особенности движения планет должны оказаться особенно интересными по той причине, что они определяют историю сфер. Как мы увидим позже, устройство земной поверхности, вся жизнь, которую она несет, ее ветры и дожди — действительно, все, за исключением действий, происходящих в глубинах сферы, — определяется теплом и светом, исходящими от солнца. Условия, при которых воспринимается этот животворящий прилив, берут свое начало в движении планет. Если бы путь нашей земли вокруг центра системы представлял собой идеальную окружность, и если бы ее полярная ось лежала под прямым углом к плоскости ее движения, доля света и тепла, которые падали бы на любую точку сферы, была бы совершенно равномерной. Не было бы различий в продолжительности дня или ночи; не было бы смены времен года; ветры повсюду дули бы с исключительной устойчивостью — фактически, нынешняя атмосферная неразбериха была бы сведена к чему-то вроде порядка. Из века в век, за исключением того, что само солнце могло меняться в количестве излучаемой им энергии, или земли поднимались в воздух или опускались к уровню моря, климат каждого региона был бы совершенно стабильным. В существующих условиях эти влияния приводят к бесконечному разнообразию. Прежде всего, наклонное положение полярной оси приводит к тому, что солнце, по-видимому, перемещается по небу, так что один или два раза в год оно оказывается над головой почти на половине площади суши и морей. Это очевидное колебание солнца взад и вперед из-за наклона оси вращения также влияет на ширину климатических поясов по обе стороны экватора, так что значительная доля влияния солнца приходится на все части земли. Если бы ось вращения Земли располагалась под прямым углом к плоскости ее орбиты, вокруг экватора существовал бы узкий пояс высокой температуры, к северу и югу от которого жара спадала бы до тех пор, пока примерно на пятидесятиградусных параллелях мы не обнаружили бы холод, настолько значительный и равномерный, что жизнь, вероятно, угасла бы; а от этих параллелей до полюсов условия были бы постоянными морозами и днями, которые переходили бы в непрекращающуюся ночь или сумерки в царстве

крайнего севера и юга. Таким образом, широкая обитаемость земли является результатом наклона ее полярной оси.

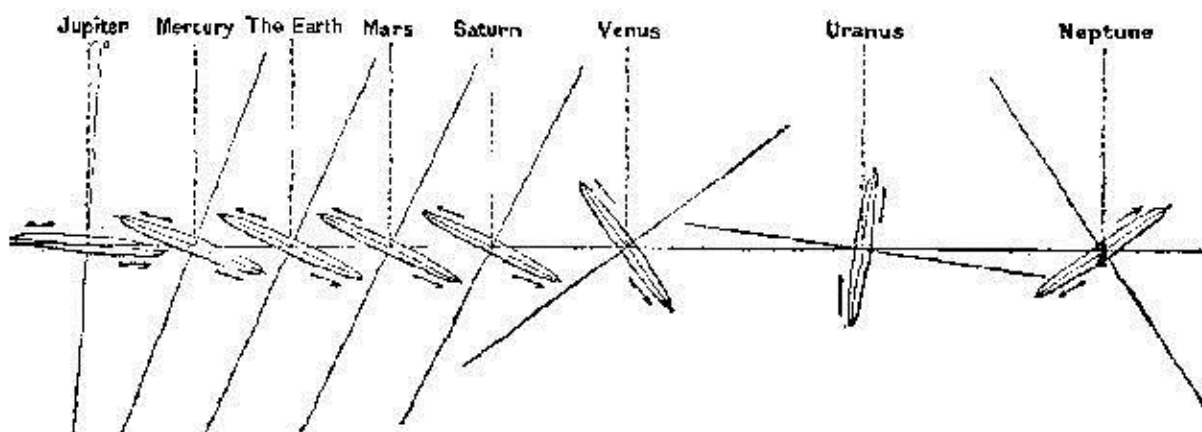


Рис. 3.—

Наклон планетных орбит (из камер).

Поскольку самое ценное впечатление, которое студент может получить от изучения Природы, - это ощущение порядка, который сделал возможной всю жизнь, включая его собственную, ему будет полезно представить, что он легко может сделать, каким будет эффект, возникающий в результате изменений во взаимоотношениях земли и солнца. Представив земную ось в воображении в положение, расположенное под прямым углом к плоскости орбиты, он увидит, что результатом этого было бы усиление экваториального тепла и лишение высоких широт той доли, которая у них есть сейчас. Постепенно перемещая ось в положение, при котором она приближается к плоскости орбиты, он заметит, что каждый этап изменения расширяет тропический пояс. Сведение полярной оси к плоскости орбиты привело бы к тому, что одно полушарие получало бы непрерывный солнечный свет, в то время как другое оставалось бы в вечной темноте и холоде. В этом случае вместо экваториальной линии у нас была бы экваториальная точка на полюсе, ближайшем к солнцу; отсюда температура снизилась бы до нынешнего экватора, за которым половина земли была бы в более холодном состоянии, чем на полюсах в настоящее время. Рассматривая движения нашей планеты, мы увидим, что никаких значительных изменений в положении полярной оси произойти не могло. По этой причине предлагаемые изменения оси не следует воспринимать иначе, как воображаемые изменения.

Легко видеть, что при круговой орбите и наклонной оси зима и лето обычно приходились бы всегда в одной и той же точке орбиты, и что эти сезоны были бы совершенно одинаковой продолжительности. Но, как мы уже отмечали ранее, на траекторию движения земли вокруг Солнца в значительной степени влияет притяжение, проявляемое соседними планетами, главным образом теми большими сферами, которые лежат в области, не имеющей своей орбиты, - Юпитером и Сатурном. Когда эти притягивающие тела, как это происходит время от времени, хотя и с большими интервалами, собираются вместе где-то рядом с той частью солнечной системы, в которой земля движется вокруг Солнца, они притягивают нашу планету к себе и, таким образом, делают ее путь очень эллиптическим. Однако, когда они распределены так, что их притягивающие действия нейтрализуют друг друга, орбита возвращается к более близкой к круговой форме. Диапазон ее эксцентриситета, который может быть вызван этими изменениями, очень велик. Когда траектория наиболее близка к круговой, разница в большой и малой осях

может составлять всего около пятисот тысяч миль, или примерно одну сто восемьдесят шестую от ее среднего диаметра. Когда отклонение является наибольшим, разница в этих измерениях может достигать почти тринадцати миллионов миль, или примерно одной седьмой средней ширины орбиты.

Первый и наиболее очевидный эффект, возникающий в результате этих изменений орбиты, связан с различием в количестве тепла, которое может получать земля, в зависимости от того, ближе она или дальше от солнца. Как и в случае с другими пожарами, чем ближе к нему находится тело, тем большую долю света и тепла оно получит. На орбите, ставшей эллиптической из-за притяжения планет, солнце обязательно занимает один из фокусов эллипса. Результатом, конечно, является то, что сторона земли, обращенная к солнцу, в то время как она, таким образом, приближается к светилу, получает больше энергии в виде света и тепла, чем поступает в любую часть, которая открыта, когда сферы находятся дальше друг от друга в другой части орбиты. Расчеты ясно показывают, что общее количество тепла и сопутствующего света, которые земля получает за год, не зависят от этих изменений формы ее траектории. Хотя верно, что он быстрее получает тепло в той половине эллипса, которая ближе всего к источнику затопления, он получает меньше, когда находится дальше, и эти два варианта просто уравнивают друг друга.

Хотя изменения эксцентриситета ее орбиты не изменяют годовой запас тепла, который получает земля, они способны изменять характер времен года, и это тем способом, который мы сейчас попытаемся изложить, хотя нам придется сделать это ценой значительного внимания со стороны читателя, поскольку факты несколько сложны. Во-первых, мы должны отметить, что эллиптичность земной орбиты развивается не по фиксированным линиям, а бесконечно меняется, как мы легко можем себе представить, по той причине, что ее форма зависит от блуждания внешних планетных сфер, которые притягивают землю. Более длинная ось эллипса сама находится в постоянном движении в направлении движения Земли. Это движение медленное и с нерегулярной скоростью. Легко видеть, что результатом этого действия, которое называется вращением апсид, или, как означает это слово, движением полюсов эллипса, является перемещение земли, когда данное полушарие поворачивается к солнцу, иногда в той части орбиты, которая находится ближе всего к источнику света и тепла, а иногда и дальше. Таким образом, вполне может случиться так, что в один момент летний сезон в каком-либо полушарии наступает, когда оно находится ближе всего к солнцу, так что сезон, хотя и жаркий, будет очень коротким, в то время как в другой момент тот же сезон наступит, когда земля находится дальше всего от солнца и получает гораздо меньше тепла, что, как правило, приводит к долгому и относительно прохладному лету. Причину разницы в продолжительности времен года следует искать в относительной скорости вращения земли, когда она находится ближе всего к солнцу, и в медленности, когда она находится дальше.

Существует еще одно осложнение, возникающее из-за этого любопытного явления, называемого прецессией равноденствий, которое необходимо принять во внимание, прежде чем мы сможем в достаточной степени понять влияние изменения эксцентриситета орбиты на смену времен года на земле. Чтобы понять эту особенность

прецессии, мы должны сначала отметить, что это означает, что каждый год переход от зимы к лету — или, как мы выражаемся, прохождение линии равноденствия — происходит немного раньше, чем годом ранее. Причину этого следует искать в притяжении, которое небесные тела, практически полностью Луна, оказывают на экваториальный выступ земли. Мы знаем, что диаметр нашей сферы на экваторе в среднем более чем на двадцать шесть миль больше, чем через полюса. Более того, мы знаем, что положение Луны по отношению к земле таково, что притяжение одной половины этого выступа больше, чем другой. Мы легко понимаем, что это действие заставит полярную ось совершить определенный оборот, или, что то же самое, плоскость экватора будет постоянно изменять свое положение. Теперь, поскольку положение точек равноденствия на орбите зависит от положения экваториальной плоскости, мы можем предположить, что результатом является изменение положения места на той орбите, где начинаются лето и зима. Фактический результат состоит в регулярном перемещении сезонных точек назад, шаг за шагом, по орбите, пока через двадцать две тысячи пятьсот лет они не вернутся на то место, где были раньше. Этот цикл перемен в древности назывался *Annus Magnus*, или великим годом.

Если бы орбита Земли представляла собой эллипс, главная ось которого оставалась бы в том же положении, мы могли бы легко рассчитать все эффекты, возникающие в результате изменений великого года. Но форма этого эллипса постоянно меняется, и по мере его отклонения от круга влияние на времена года, распределенное на большой промежуток времени, чрезвычайно неравномерно. Время от времени, с интервалами в сотни тысяч или миллионы лет, орбита становится очень эллиптической; затем снова в течение длительных периодов времени она может по форме приближаться к окружности. Находясь в состоянии крайней эллиптичности, прецессия равноденствий приведет к тому, что полушария по очереди будут проводить зиму и лето попеременно то вблизи, то вдали от солнца. Легко видеть, что когда летний сезон наступает в полушарии в той части орбиты, которая в то время находится ближе всего к солнцу, период будет очень жарким. Когда лето наступает дальше всего от солнца, в эту часть года температура снижается за счет удаления на большее расстояние от источника тепла. Соответствующий эффект будет достигнут в зимний сезон. До тех пор, пока орбита остается эксцентричной, тенденция будет заключаться в чередовании интенсивных сезонов в каждом полушарии на протяжении периодов продолжительностью около двенадцати тысяч лет, при этом в другом полушарии в то же время наблюдаются относительно небольшие колебания лета и зимы.

На первый взгляд читателю может показаться, что исследования, которые мы только что провели в вопросах, касающихся формы орбиты и сопутствующих обстоятельств, регулирующих времена года, не имели большого значения; но, по мнению некоторых исследователей климата, мы должны обратиться к этим процессам для объяснения определенных климатических изменений на земле, включая ледниковые периоды, несчастные случаи, которые имели первостепенное значение в истории человека, а также всей остальной жизни на планете.

Теперь пришло время дать некоторый отчет о том, что известно относительно общего состояния солнечных тел - планет и спутников нашей собственной небесной группы. Для

нашей цели нам нужно обратить внимание только на общее физическое состояние этих сфер, насколько оно известно нам из исследований астрономов. Ближайшая к солнцу планета - Меркурий. Этот маленький шар, меньше половины диаметра нашей земли, находится так близко к солнцу, что даже при наиболее выгодном расположении для наблюдения его видно всего за несколько минут до восхода солнца и после захода солнца. Хотя это может быть без особого труда обнаружено обычным глазом, очень немногие люди когда-либо видели это. В телескоп, когда она находится в состоянии *полнолуния*, она выглядит как сверкающий диск; большинство астрономов придерживаются мнения, что поверхность, которую мы видим, полностью состоит из облаков, но это, как и большинство других утверждений об этой планете, сомнительно. Сфера находится так близко к солнцу, что, если бы в ней была вода, она неизбежно имела бы атмосферу, полную паров. При любых мыслимых условиях на планете, расположенной так, как расположен Меркурий, при условии, что у нее есть атмосфера для удержания тепла, ее температура обязательно была бы очень высокой. Жизнь в том виде, в каком мы ее знаем, не могла бы существовать в такой сфере.

Следующей за Меркурием является Венера, сфера лишь немногим меньше в диаметре Земли. Об этой сфере мы знаем больше, чем о Меркурии, по той причине, что она находится дальше от солнца и поэтому видна на затемненном небе. Большинство астрономов придерживаются мнения, что поверхность этой планеты, по-видимому, почти полностью и постоянно скрыта от нас тем, что кажется плотной облачной оболочкой, сквозь которую время от времени проступают определенные пятна темного цвета. Утверждается, что они постоянно занимают свое место; действительно, по мнению некоторых наблюдателей, период вращения планеты был определен путем наблюдения за ними. Поэтому представляется вероятным, что эти пятна представляют собой вершины гор, которые, как и многие на нашей собственной земле, возвышаются над уровнем облаков.

Недавние наблюдения Венеры, сделанные мистером Персивалем Лоуэллом, по-видимому, показывают, что предыдущие определения вращения этой планеты, а также ее облачности ошибочны. Согласно этим наблюдениям, сфера движется вокруг Солнца, всегда поворачиваясь одной и той же стороной к центру солнца, точно так же, как Луна движется вокруг земли. Более того, мистеру Лоуэллу не удалось обнаружить никаких следов облаков на поверхности планеты. Пока что эти результаты не были проверены работой других астрономов; однако, основываясь на исследованиях, проведенных с помощью превосходного телескопа и в очень прозрачном и устойчивом воздухе станции Флагстафф, они с большей вероятностью окажутся правильными, чем результаты, полученные другими студентами. Если верно, что Венера не вращается вокруг своей оси, то, вероятно, так же обстоит дело и с планетой Меркурий.

Следующей в ряду планет является наша собственная Земля. Поскольку подробности об этой планете будут занимать нас почти всю оставшуюся часть этой работы, мы пока обойдем их стороной.

За пределами Земли мы сначала направляемся к планете Марс, сфере, которая уже открыла нам многое относительно своих особенностей формы и физического состояния и

которая, вероятно, в будущем даст больше информации, чем мы получим от любого другого нашего спутника в космосе, за исключением, возможно, Луны. Марс не только ближе к нам, чем любая другая планета, но и расположен так, что получает солнечный свет при благоприятных условиях для нашего зрения. Более того, ее небо, как правило, кажется почти безоблачным, так что, когда на своем орбитальном пути сфера оказывается ближе всего к нашей земле, она находится в благоприятных условиях для наблюдения в телескоп. В такие моменты астроному открывается поверхность, покрытая удивительным количеством оттенков и отметин, которые пока еще не были полностью истолкованы. Слабый характер этих указаний привел к очень противоречивым утверждениям относительно их формы; ни одна из двух составленных карт не согласуется друг с другом, кроме как в своих общих чертах. Есть основания полагать, что у Марса есть атмосфера; об этом свидетельствует тот факт, что в соответствующее время года область около обоих полюсов покрыта белым налетом, предположительно снегом. Этот покров простирается к экватору планеты гораздо дальше, чем снежный покров на наших континентах. Принимая во внимание цвет покрытия и тот факт, что оно исчезает, когда в полушарии, в котором оно образовалось, наступает летний сезон, мы, фактически, вынуждены полагать, что отложение представляет собой замерзшую воду, хотя было высказано предположение, что это может быть замерзшая углекислота. В связи с тем, что мы вскоре должны отметить относительно видимых морей этой сферы, в подавляющем большинстве случаев предполагается, что на Марсе есть времена года, мало чем отличающиеся от наших.

Наличие снега на любой сфере можно смело рассматривать как свидетельство наличия атмосферы. В случае Марса это предположение подтверждается внешним видом его поверхности. Красноватый свет, который он отсылает к нам, и несколько тусклый вид на краю сферы, по-видимому, указывают на то, что ее атмосфера плотная. На самом деле, существование атмосферы, гораздо более плотной, чем у нашей собственной земли, по-видимому, обусловлено тем фактом, что температуры здесь такие, что позволяют выпадать и улетучиваться снегу. Хорошо известно, что температура любой точки Земли при прочих равных условиях пропорциональна глубине атмосферы над ее поверхностью. Если бы на поверхности Марса было воздуха не больше, чем на равной площади Земли, температура на нем оставалась бы настолько низкой, что такие сезонные изменения, которые мы наблюдали, не могли бы иметь места. Планета получает на треть меньше тепла, чем равная площадь земли, и ее сходство с нашей собственной температурой, если таковая существует, несомненно, вызвано большей плотностью ее атмосферы, которая служит для удержания тепла, поступающего на ее поверхность. Способ, которым это осуществляется, будет изложен при изучении атмосферы Земли.

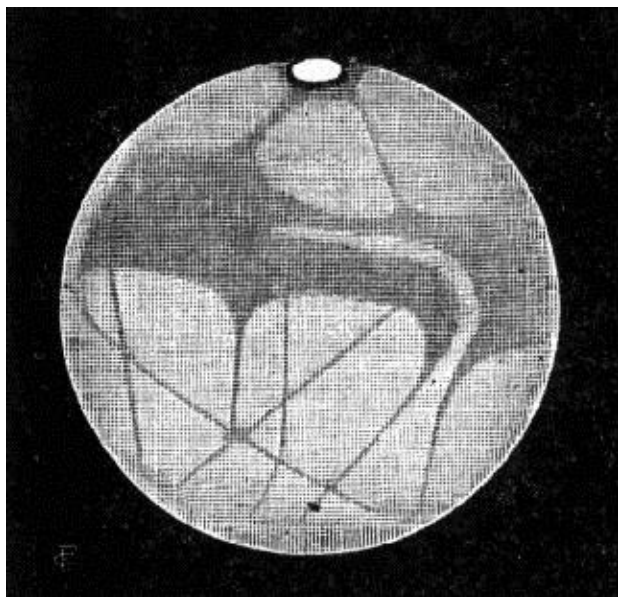


Рис. 4. Марс, 27 августа 1892 г. (Гайо), белое пятно — предполагаемая Полярная снежная шапка.

Как показывают карты Марса, поверхность покрыта тенями, которые, по-видимому, указывают на наличие воды и суши. Те участки местности, которые принято считать сушей, очень сильно разделены тем, что кажется узкими морями. Общие географические условия сильно отличаются от таковых в нашей собственной сфере в том смысле, что части планеты, расположенные примерно на уровне воды, не объединены в большие континенты и здесь нет больших океанов. Единственное сходство с условиями нашей земли, которое мы можем заметить, заключается в общем направлении несколько треугольных масс того, что кажется сушей, к одному полюсу. В целом условия Воюющих земель и морей, по крайней мере, по своей форме, больше похожи на условия Европы, чем на условия любой другой части земной поверхности. Европа в ранний третичный период имела конфигурацию, еще более похожую на марсианскую, чем она имеет в настоящее время, поскольку в тот период суша была разделена гораздо сильнее, чем сейчас.

Если земли Марса расположены так же, как земли нашей собственной земли, то там должны быть горные хребты, составляющие то, что мы могли бы назвать хребтом континента. Пока таковых обнаружено не было, что может быть связано с тем, что их не искали тщательно. Единственными особыми физическими особенностями, которые до сих пор были обнаружены на землях Марса, являются определенные длинные, прямые, довольно узкие, похожие на расщелины отверстия, получившие название "каналов". Эти особенности очень нечеткие и находятся как раз на пределе видимости. Пока их внимательно наблюдали лишь немногие исследователи, так что их особенности еще недостаточно хорошо зафиксированы; насколько мы их знаем, эти трещины не имеют сходства с существующими условиями нашей земли. Трудно понять, как они образуются или сохраняются на поверхности, которая, очевидно, подвергается воздействию дождевых осадков.

Потребуется гораздо более эффективные телескопы, чем те, которыми мы располагаем сейчас, прежде чем станет возможным приступить к сколько-нибудь

удовлетворительному изучению географии этой удивительной планеты. Мы пока не можем надеяться получить какие-либо указания относительно деталей его структуры; мы не можем рассмотреть достаточно внимательно, чтобы определить, существуют ли реки или есть ли покрытие, которое мы можем интерпретировать как растительность, меняющую свои оттенки в разные сезоны года. Прогресс в наших инструментах исследования в наступающем столетии, если он будет осуществляться с той же скоростью, что и в прошлом, возможно, позволит нам интерпретировать природу этого соседа и тем самым расширить концепцию планетарной истории, которую мы черпаем из истории нашей собственной земли.

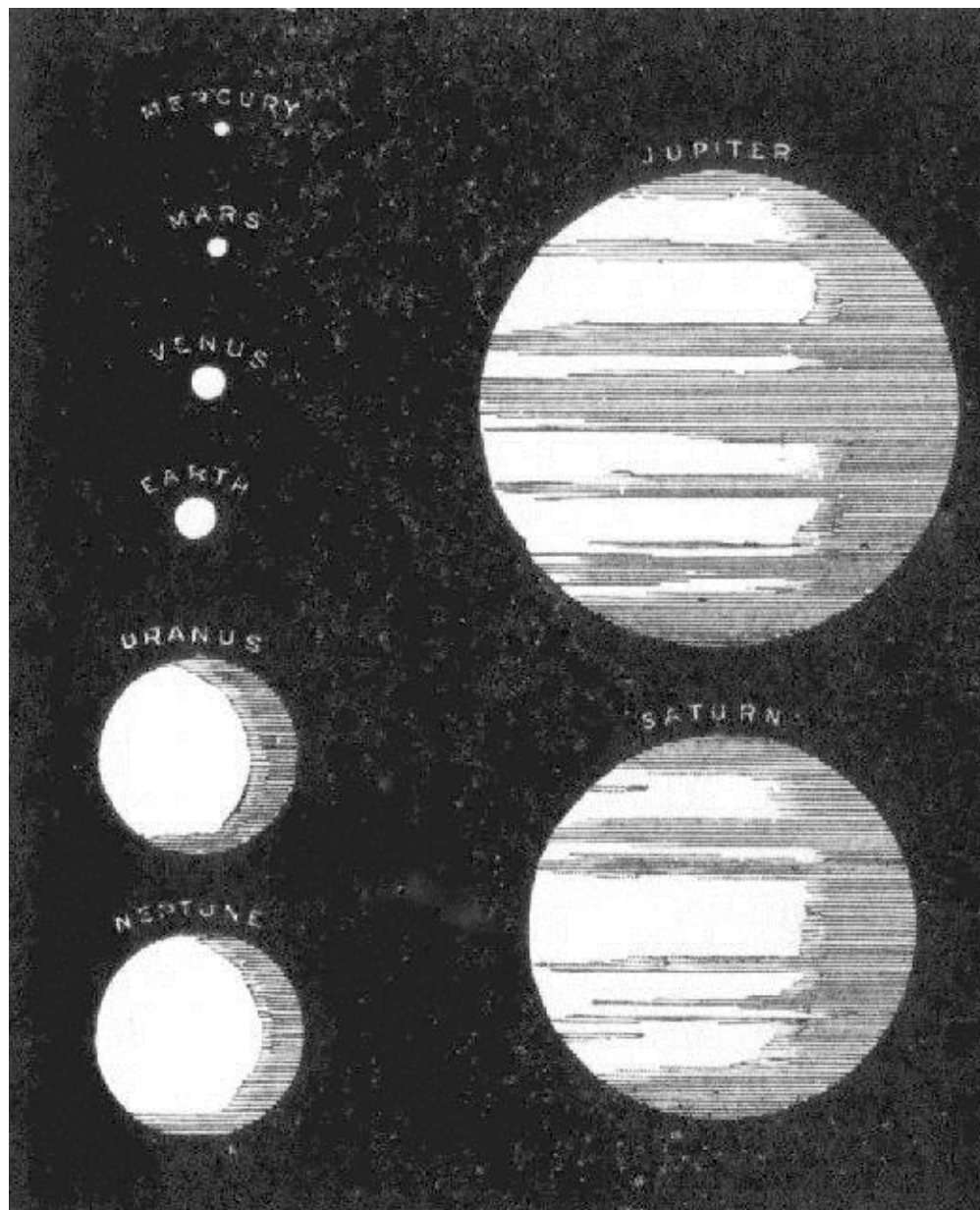


Рис. 5. Сравнительные
размеры планет (камер).

За пределами Марса мы находим одну из самых необычных особенностей нашей солнечной системы - группу небольших планетных тел, число которых, как известно в настоящее время, составляет около двухсот, а общее число может быть намного больше. Очевидно, что все эти тела небольшие; сомнительно, чтобы диаметр самого большого составлял триста, а меньшего - более двадцати миль. Насколько это было определено влиянием их совокупной массы на притяжение других сфер, они, если сложить их вместе, образовали бы сферу гораздо меньшего диаметра, чем наша земля, возможно, не более пятисот миль в поперечнике. Формы этих астероидов пока неизвестны; поэтому мы не можем определить, являются ли их формы сфероидальными, как у других планет, или же они представляют собой угловатые частицы, подобные метеоритам. Таким образом, мы не в состоянии предположить, началась ли их независимость, когда туманная материя кольца, к которому они принадлежали, находилась в процессе консолидации, или же после завершения агрегации сферы и затвердевания материи масса была разбита на кусочки каким-то образом, который мы пока не можем постичь. Высказывалось предположение, что такая твердая сфера могла разлететься на части в результате столкновения с каким-либо блуждающим небесным телом; но все, что мы можем представить себе о таких действиях, приводит нас к предположению, что удар такого рода имел бы тенденцию расплавлять или переводить материалы, подвергшиеся ему, в состояние пара, а не разносить их на части способом взрыва.

Четыре планеты, лежащие за астероидами, дают нам относительно мало информации об их физическом состоянии, хотя и предоставляют широкое поле для философского воображения. С этой точки зрения читателю рекомендуется обратиться к трудам покойного Р.А. Проктора, который привнес в задачу интерпретации планетных условий мастерство хорошо подготовленного астронома и незаурядное конструктивное воображение.

Планета Юпитер, безусловно, самая крупная из дочерних элементов Солнца, по-видимому, все еще находится в состоянии, когда ее внутреннее тепло не улетучилось настолько, чтобы поверхность остыла подобно нашей земле. То, что кажется хорошими наблюдениями, показывает, что экваториальная часть его площади, по крайней мере, все еще светится от собственного тепла. Сфера окутана облаками, но сомнительно, чтобы оболочка состояла из водянистого пара; действительно, вполне возможно, что помимо такого пара она может содержать какую-то часть многих веществ, составляющих атмосферу Солнца. Если бы сфера Юпитера была не больше Земли, она бы из-за своего большего возраста давным-давно рассталась со своим теплом; но из-за своих огромных размеров она была способна, несмотря на свою древность, сохранять температуру, которая давно покинула нашу землю.

В случае Сатурна полосы облаков несколько менее заметны, чем на Юпитере, но есть основания предположить, что здесь, как и на последней названной планете, мы не видим более твердой поверхности сферы, а видим только облачную пленку, которая, вероятно, скорее обусловлена теплом самой сферы, чем тем, которое поступает к ней от солнца. На расстоянии Сатурна от центра солнечной системы данная область поверхности получает менее одной девяностой части солнечного тепла по сравнению с землей; следовательно, мы не можем представить себе, что какой бы то ни было плотности атмосферы было бы

достаточно для поддержания температуры, достаточной для образования обычных облаков. Более того, время от времени на поверхности планеты появляются яркие пятна, что, должно быть, связано с какой-то формой извержений из ее недр.

За Сатурном две планеты Уран и Нептун, которые занимают внешнюю часть солнечной системы, настолько удалены, что даже наши лучшие телескопы различают лишь их присутствие и тот факт, что у них есть спутники.

С точки зрения астрономической науки, самая внешняя планета Нептун представляет особый интерес по той причине, что она была, если можно так выразиться, открыта с помощью вычислений. Астрономы в течение многих лет отмечали тот факт, что следующая внутренняя планетная сфера проявляла особенности в своей орбите, которые можно было объяснить только предположением, что она подвергалась притяжению другого блуждающего тела, ускользнувшего от наблюдения. Путем искусных вычислений место на небесах, в котором находился этот возмущающий элемент, было определено настолько точно, что при наведении телескопа на данное поле при кратком изучении была обнаружена планета. Ничто другое в истории астрономической науки, за исключением вычисления затмений, так ясно и популярно не демонстрирует точность методов, с помощью которых может выполняться работа этой науки.

Как мы увидим далее, в главах, посвященных земным явлениям, физическое состояние солнца определяет ход всех наиболее важных событий, происходящих на поверхности земли. Поэтому уместно, чтобы в этом предварительном исследовании небесных тел, которое специально разработано для того, чтобы сделать землю более понятной для нас, мы уделили несколько особое внимание тому, что известно под названием "Физика Солнца".

Читателю уже было сказано, что Солнце является одним из многих миллионов подобных тел, существующих в космосе, и, более того, что эти скопления материи развились из первоначального туманного состояния. Факты указывают на то, что естественная история солнца, а также сопутствующих ему сфер, демонстрирует три важные стадии: первая - стадия образования пара; вторая - стадия магматической текучести; третья - стадия, при которой сфера застывает настолько, что становится темной. Ни одно из этих состояний резко не отделено от другого; масса может быть частично туманной, а частично текучей; даже когда она была преобразована в жидкость или, возможно, в твердое состояние, она все еще может сохранять снаружи некоторую долю своего первоначального парообразного состояния. На нашем солнце концентрация уже давно вышла за пределы туманного состояния; последнее из последовательно образующихся колец распалось и сформировалось в самую маленькую из планет, которая по своему расстоянию от солнца, по-видимому, указывает на то, что процесс разделения на кольца в нашей солнечной системе давным-давно завершился, оставшаяся часть ее туманного материала сконцентрировалась в своем центре без признаков какой-либо остаточной тенденции к образованию этих планетообразующих кругов.

СТРОЕНИЕ СОЛНЦА.

До использования телескопа в астрономических работах, которые были начаты прославленным Галилеем в 1608 году, астрономы не могли подойти к проблеме строения солнца. Они могли различить не больше, чем может увидеть любой, кто смотрит на огромную сферу через кусочек дымчатого стекла, поскольку мы знаем, что это дискообразное тело очень однородного внешнего вида. Единственное изменение в этом простом аспекте происходит во время полного затмения, когда на минуту или две луна закрывает все тело солнца. В таких случаях даже невооруженным глазом можно увидеть, что вокруг сферы имеется широкое, довольно яркое поле, по виду напоминающее очень тонкое облако или туман, которое поднимается серповидными выступами в точках на высоте четверти миллиона миль или более над поверхностью сферы. Внешний вид этого сияющего поля, называемого короной, напоминает полярное сияние, которое наблюдается в районе обоих полюсов земли.

Одним из первых результатов изобретения телескопа стало обнаружение любопытных темных объектов на диске Солнца, известных под названием пятен со времени их открытия или, по крайней мере, с того времени, когда стало ясно, что это не планеты, а действительно солнечное тело. Интерес к устройству сферы возрос за последние пятьдесят лет. Этот интерес быстро рос, пока в настоящее время не был собран обширный объем знаний для решения многих проблем, касающихся центра нашей системы. Пока еще существуют большие расхождения во взглядах астрономов относительно интерпретации их наблюдений, но некоторые моменты, представляющие большой общий интерес, были достаточно четко определены. Их можно кратко изложить, описав, что предстало бы взору, если бы наблюдатель мог перейти от поверхности земли к центральной части солнца.



Лавовый поток на Гавайских островах, впадающий в море. Обратите внимание на "веревочный" характер наполовину замерзшей породы по бокам ближайшего ручья лавы.

При переходе от земли к точке, находящейся примерно в четверти миллиона миль от поверхности Солнца — на расстоянии, примерно равном расстоянию луны от нашей сферы, — наблюдатель пересек бы равномерно пустые пространства небес, где, если бы не редкая вероятность пролетающего метеорита или кометы, не было бы ничего, что мы называем материей. Прибыв в точку примерно в двухстах или трехстах тысячах миль от тела Солнца, он попал бы в царство короны; здесь он обнаружил бы рассеянные частицы материи, расположенные так далеко друг от друга, что их, возможно, было бы не более одной или двух на кубическую милю; однако, поскольку они интенсивно светились бы в центральном луче, их было бы достаточно, чтобы дать освещение, видимое при затмении. Эти частицы, скорее всего, поднимаются с солнца в результате какого-либо электрического воздействия и постоянно находятся в движении, во многом как потоки полярного сияния.

Ниже короны и резко отделенный от нее наблюдатель обнаруживает другое тело из очень плотного пара, которое называется хромосферой и которое рассматривалось как атмосфера Солнца. Толщина этого слоя, вероятно, составляет несколько тысяч миль. Судя по тому, как он движется, подобно тому, как воздух нашей планеты движется во время сильных штормов, нелегко поверить, что это жидкость, однако его резко очерченная верхняя поверхность заставляет нас предположить, что это не может быть просто масса пара. Спектроскоп показывает нам, что эта хромосфера содержит в парообразном состоянии ряд металлических веществ, таких как железо и магний. Для наблюдателя, который мог бы увидеть эту оболочку солнца с расстояния, на котором мы видим луну,

зрелище было бы более величественным, чем может себе представить воображение, руководимое видом всех относительно незначительных изломов нашей земли. С поверхности огненного моря огромные потоки раскаленного вещества поднимаются на высоту в двести или триста тысяч миль, а затем падают обратно на его поверхность. Эти струи раскаленного вещества имеют вид пламени, но на самом деле они таковыми не были бы, поскольку материалы не горят, а просто поддерживаются при высокой температуре за счет тепла большой сферы под ними. Они возникают с такой энергией, что временами движутся со скоростью сто пятьдесят миль в секунду, или со скоростью, которой не достигает никакая другая материя в видимой вселенной, за исключением той странной блуждающей звезды, известной астрономам как "Громбридж, 1830", которая пересекает небесный свод со скоростью не менее двухсот миль в секунду.

Ниже хромосферы находится фотосфера, нижняя оболочка солнца, если это на самом деле не тело самой сферы; от нее исходит свет и тепло массы. Это тоже не может быть затвердевшей массой по той причине, что на ней, по-видимому, образуются пятна и они перемещаются по ней. Его можно рассматривать как чрезвычайно плотную массу газа, настолько отягощенную огромным притяжением огромной сферы под ним, что, по сути, это жидкость. Ближайший наблюдатель, несомненно, обнаружил бы, что эта фотосфера, какой она предстает в телескоп, резко отделена от более тонких и парообразных оболочек — хромосферы и короны, — которые действительно настолько тонки, что их не видно даже в телескоп, за исключением случаев, когда полное затмение прекращает яркое сияние солнца. Тот факт, что фотосфера, за исключением тех случаев, когда она нарушена так называемыми пятнами, лежит подобно огромному гладкому морю, без частей, лежащих выше общей линии, показывает, что она имеет структуру, сильно отличающуюся от лежащей на ней оболочки. Если бы они оба были парообразными, между ними существовала бы градация.

На поверхности фотосферы, почти полностью в пределах тридцати градусов от экватора Солнца, в области, приблизительно соответствующей тропическому поясу Земли, время от времени появляются любопытные возмущения, которые называются пятнами. Это, по-видимому, всплески вещества в газообразном состоянии, движение вверх происходит по краям поля, а движение вниз происходит в середине отверстия неправильной формы, которое затемнено в своей центральной части, что придает ему, при наблюдении в обычный телескоп, вид черного пятна на светящейся поверхности. Эти пятна, которые имеют от каких-то сотен до нескольких тысяч миль в диаметре, могут сохраняться месяцами, прежде чем исчезнут. Ясно, что они наиболее многочисленны с интервалом примерно в одиннадцать лет, последний период их обилия приходится на 1893 год. Таким образом, следующий период можно ожидать в 1904 году. В периоды наименьшего количества пятен более половины дней в году может проходить без нарушения поверхности фотосферы, в то время как в периоды изобилия они, вероятно, не будут видны ни в один день в году.

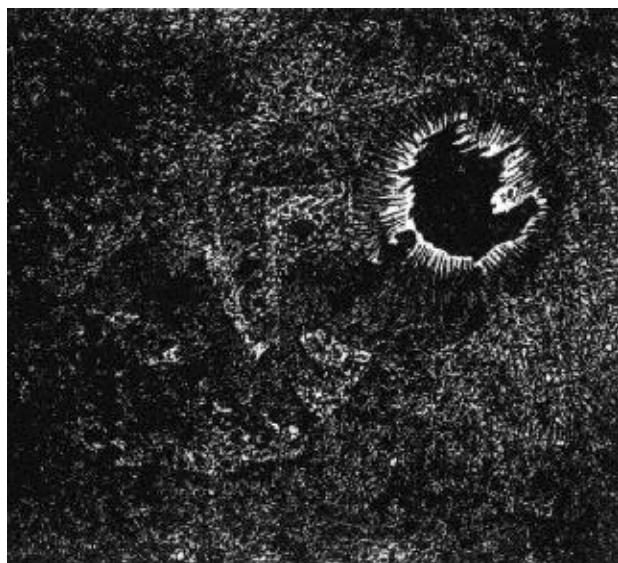


Рис. 6. Обычное солнечное пятно, 22 июня 1885 г.

Сомнительно, что при ближайшем рассмотрении можно было бы выявить причину появления солнечных пятен. Исследования физиков, которые посвятили этому вопросу максимум своих знаний, показывают немногим больше, чем то, что это беспорядки в фотосфере, сопровождаемые выбросом паров, в которых присутствует железо и другие металлы; но неясно, вызваны ли эти движения вспышками в более глубоких частях Солнца или каким-то действием, подобным вихревым штормам в атмосфере Земли. Также неясно, какое влияние оказывают эти конвульсии солнца на количество тепла и света, исходящих от сферы. Распространенное мнение о том, что годы с солнечными пятнами являются самыми жаркими, еще полностью не подтверждено.

Под фотосферой лежит огромная неизвестная масса невидимого солнечного царства. Одно время предполагалось, что темный цвет пятен был вызван тем фактом, что в этих пространствах была пробита фотосфера, и что мы смотрели сквозь них на поверхность слабо освещенной центральной части сферы. Эта точка зрения несостоятельна, и вместо нее мы должны предположить, что на протяжении восьмисот шестидесяти тысяч миль своего диаметра солнце состоит из вещества, подобного тому, которое находится на нашей земле, но повсюду находящегося в состоянии нагрева, которое значительно превышает известное на нашей планете. Из-за своей высокой температуры это вещество, возможно, находится не в твердом или текучем состоянии, а в состоянии очень сжатых газов, которые удерживаются от превращения в твердое или даже текучее из-за очень высокой температуры, которая существует в них. Эта точка зрения, по-видимому, подтверждается тем фактом, что, хотя давление на его материю на солнце в двадцать семь раз больше, чем на земле, масса всей массы меньше, чем мы могли бы ожидать при этих условиях.

Что касается температуры солнца, мы знаем только, что оно достаточно горячее, чтобы превращать металлы в газы способом, которым это делается с помощью сильной электрической дуги, но удовлетворительного метода подсчета масштаба этого нагрева разработано не было. Вероятность того, что тепло следует измерять десятками тысяч градусов по Фаренгейту, может достигать сотен тысяч; на самом деле оно достигало

миллиона градусов. Этот обширный выброс происходит не из—за какого-либо действия горения, то есть не из-за горения веществ, как при пожаре. Это должно быть вызвано постепенным падением материалов из-за притяжения массы к ее центру, при котором каждая частица преобразует энергию своего положения в тепло, как это делает метеорит, когда он попадает в воздух.

Хорошо бы завершить этот весьма несовершенный отчет об исследованиях, касающихся Солнца, краткой таблицей, показывающей относительные массы нескольких тел солнечной системы. Следует понимать, что под массой подразумевается не объем объекта, а фактическое количество вещества в нем, определяемое гравитационным притяжением, которое он оказывает на другие небесные тела. В этом тесте за меру берется солнце, а его масса для удобства принимается равной 1 000 000 000.

ТАБЛИЦА ОТНОСИТЕЛЬНЫХ МАСС СОЛНЦА И ПЛАНЕТ. [\[2\]](#)

Солнце	1,000,000,000
Меркурий	200
Венера	2,353
Земля	3,060
Марс	339
Астероидов	?
Сатурн	285,580
Юпитер	954,305
Уран	44,250
Нептун	51,600
Суммарная масса четырех внутренних планет	5,952
Суммарная масса всех планет	1,341,687

Таким образом, получается, что масса всех планет составляет примерно одну семисотую массы Солнца.

Тем, кто желает внимательно изучить небесную географию, не помешает приобрести интересный набор диаграмм, подготовленный покойным Джеймсом Фрименом Кларком, на которых прозрачные пленки, помещенные в удобный фонарь, показывают группировку важных звезд в каждом созвездии. Преимущество такого расположения заключается в том, что с маленькими картами можно очень удобно сверяться ночью и на открытом воздухе. После того как студент выучит положение дюжины созвездий, видимых в северном полушарии, он сможет быстро углубить свои знания с помощью замечательного метода, изобретенного доктором Кларком.

Выучив созвездия, ученик вполне может приступить к поиску нескольких планет и проследить их видимый путь по неподвижным звездам. Здесь ему будет полезно, если он сможет, составить представление о том, что их видимое движение складывается из их движения вокруг Солнца и нашего собственного шара; что было бы совсем по-другому, если бы наша земля неподвижно стояла на небесах. На этой стадии он вполне может начать принимать во внимание доказательства, которые дает движение планет, что земля действительно движется вокруг Солнца, а не солнце и планеты вокруг земли. Это открытие было одним из величайших достижений человеческого разума; оно ставило в тупик лучших людей на протяжении тысячелетий. Следовательно, исследователь, работающий над доказательствами, идет по одному из знаменитых путей, по которым его раса взбиралась на вершины науки.

Изучающий не должен ожидать, что доказательства того, что солнце является центром солнечной системы, будут легко интерпретированы; и все же любой юноша с умеренным любопытством и тем интересом к окружающему миру, который является основой научного понимания, может видеть суть насквозь. Ему лучше всего начать свои расспросы с получения ясного представления о том факте, что Луна обращается вокруг Земли. Это простейший случай движений такого рода, который он может наблюдать в солнечной системе. Отмечая, что луна занимает разное место в определенный час суток, но, очевидно, все время находится примерно на одном и том же расстоянии от земли, он легко замечает, что она вращается вокруг нашей сферы. Это люди знали издревле, но они сделали из этого доказательство того, что солнце также вращается вокруг нашей сферы. Итак, вот критическая точка. Почему солнце не ведет себя так же, как луна? На этой стадии своего исследования ученик лучше всего замечает, что происходит в движении планет между землей и Солнцем. Он замечает, что эти так называемые низшие планеты Меркурий и Венера никогда не удаляются очень далеко от центрального светила; что кажется, что они поднимаются от него, а затем возвращаются к нему, и что у них есть фазы, подобные фазам луны. Время от времени Венеру можно наблюдать в виде черного пятна, пересекающего диск Солнца. Небольшое рассмотрение покажет, что согласно теории, согласно которой тела в солнечной системе вращаются друг вокруг друга, эти движения внутренних планет могут быть объяснены только при предположении, что они, по крайней мере, движутся вокруг великого центрального огня. Теперь, переходя к внешним планетам, мы замечаем, что они иногда кажутся очень яркими и что тогда они находятся в таком месте небес, где мы видим, что они находятся далеко от центра солнца.

Постепенно они перемещаются вниз, к закату, и исчезают из виду. Здесь движение тоже, хотя и менее отчетливое, лучше всего согласуется с идеей о том, что эти тела движутся по орбитам, подобным тем, которые пересекают внутренние планеты. Удивительно, что, имея перед глазами эти простые факты и имея достаточно времени, чтобы обдумать этот вопрос, ранние астрономы не узнали великой истины о солнечной системе, а именно, что солнце является центром, вокруг которого обращаются планеты. Их трудность заключалась главным образом в том факте, что они не воспринимали землю как сферу, и даже после того, как они достигли этой концепции, они верили, что наш земной шар намного больше планет или даже солнца. Это неправильное представление мешало даже вдумчивым грекам, которые знали, что земля имеет сферическую форму, составить четкое представление о структуре нашей системы. Действительно, только после того, как математическая астрономия достигла значительного прогресса, и люди начали измерять расстояния в Солнечной системе, и до тех пор, пока не была разработана ньютоновская теория тяготения, орбиты планет и отношение различных тел в солнечной системе друг к другу могли быть точно различимы.

В приведенных выше утверждениях была предпринята забота о том, чтобы дать учащемуся индексы, которые могут помочь ему самостоятельно выработать доказательства, которые могут должным образом привести человека, даже без математических соображений формального характера, к построению теории относительно отношения планет к солнцу. Маловероятно, что он сможет пройти все этапы этого рассуждения сразу, но для него будет наиболее полезно поразмыслить над проблемой и постепенно проложить себе путь к полному ее пониманию. Имея в виду эту цель, ему следует избегать чтения того, что астрономы могут сказать по этому вопросу, до тех пор, пока он не убедится, что он сделал все, что мог, с этим вопросом самостоятельно. Однако он должен изложить свои наблюдения и, насколько это возможно, зарисовать результаты в своей записной книжке в схематической форме. Он должен попытаться выяснить, согласуются ли факты с каким-либо другим предположением, кроме того, что земля и другие планеты движутся вокруг Солнца. Когда он выполнит свою задачу, он пройдет по одному из самых трудных путей, которые пришлось пройти его предшественникам на их пути к пониманию небес. Даже если он потерпит неудачу, он поможет себе достичь какого-то большого понимания.

Учащемуся будет полезно составить карту небес, или, скорее, составить несколько карт, отражающих их состояние в разное время года. На этом графике он должен проставить только те звезды, расположение и названия которых он выучил, но он должен нанести положение планет в разное время. Таким образом, хотя поначалу его усилия будут очень неуклюжими, вскоре он познакомится с общей географией небес.

Хотя владение или, по крайней мере, использование небольшого астрономического телескопа является большим преимуществом для студента после того, как он достиг определенного прогресса в своей работе, такой инструмент вовсе не является необходимым или, более того, желательным в начале его учебы. Однако обычный театральный бинокль поможет ему различить звезды в созвездиях, идентифицировать планеты и получить лучшее представление о форме поверхности Луны — вопрос, который будет рассмотрен в этой работе в связи со строением земли.

ГЛАВА IV.

ЗЕМЛЯ.

Начиная изучение Земли, важно, чтобы у ученика сразу же сформировалась привычка помнить о сферической форме планеты. Многие люди, хотя они могут слепо принимать тот факт, что земля представляет собой сферу, не думают о ней как о имеющей такую форму. Возможно, самый простой способ получить правильное изображение формы - это представить, как выглядела бы земля с Луны. В своем полном состоянии Луна имеет форму диска. Когда он новый, а также когда в стадии убывания он виден днем, его сферическая форма очень заметна. Представляя себя на поверхности Луны, изучающий может хорошо представить, как земля выглядела бы в небесах как огромное тело; ее диаметр в восемь тысяч миль, что примерно в четыре раза больше диаметра спутника, дает площадь, в шестнадцать раз превышающую размеры, которые представляет нам Луна. В этом масштабе континенты и океаны выглядели бы гораздо более простыми, чем относительно небольшие неровности на поверхности Луны.

Имея в руках земной шар, ученик может легко создать изображение, которое будет представлять, по крайней мере в общих чертах, тот вид, который представляла бы сфера, в которой он обитает, если смотреть на нее с расстояния около четверти миллиона миль. Континент Европа-Азия сам по себе казался бы больше, чем вся видимая нам поверхность Луны. Каждый континент и все большие острова были бы четко обозначены. Было бы видно, что снежный покров, который зимой северного полушария покрывает большую часть суши, появляется и исчезает в зависимости от смены времен года; даже постоянный лед на обоих полюсах и более обширные области ледников, такие как Альпы и Гималаи, будут казаться блестящими белыми пятнами на фоне полей более темного оттенка. Даже изменения в облике растительности, которая в одно время года одевает обширную территорию в зеленую мантию, а в другое принимает серовато-коричневый оттенок зимой, были бы невооруженным глазом очень отчетливы. Вполне вероятно, что все более крупные реки можно было бы проследить в виде линий света на относительно темной поверхности континентов. Благодаря таким упражнениям конструктивного воображения — действительно, никаким другим способом — ученик может приобрести привычку рассматривать землю как огромное целое. Время от времени, изучая землю вблизи, он должен пытаться собрать явления в общий вид, который мы указали.

Читатель, несомненно, уже узнал, что земля представляет собой слегка сплюснутую сферу, имеющую средний диаметр около восьми тысяч миль, причем среднее сечение на экваторе примерно на двадцать шесть миль больше, чем сечение от полюса до полюса. Для тела таких больших пропорций эта разница в размерах кажется несущественной; однако она наиболее существенна, поскольку проливает свет на историю массы Земли. Расчеты показывают, что мера уплощения на полюсах - это как раз то, что произошло бы, если бы земля находилась в текучем состоянии в то время, когда она приняла свою нынешнюю форму. Мы легко понимаем, что мягкое тело, вращающееся в пространстве, в то время как все его частицы под действием силы тяжести стремятся к центру, при вращении вокруг своей оси, как это делает наша земля, имело бы тенденцию

выпячиваться в тех частях, которые удалены от линии, по которой произошло вращение. Таким образом, сплющивание нашей сферы у полюсов подтверждает мнение, что ее масса когда—то была расплавленной - одним словом, что ее древняя история была такой, как предполагает теория туманностей.

Хотя мы для удобства называли землю сплюснутым сфероидом, таковым она является лишь в самом общем смысле. В нем есть бесконечное количество мелких неровностей, отслеживать которые входит в компетенцию географа, а принимать во внимание - геолога. Во-первых, его поверхность занята огромным количеством хребтов и впадин. В первую очередь нашего внимания заслуживают более крупные из них - океаны и континенты. Разница в высоте земной поверхности от высоты континентов до самой глубокой части моря, вероятно, составляет от десяти до одиннадцати миль, что составляет примерно две пятых отмеченного ранее полярного сплюснутости. Средняя разница между дном океана и вершинами соседних континентов, вероятно, составляет менее четырех миль. К величайшему счастью для истории земли, случилось так, что вода на ее поверхности заполняет ее огромные впадины в среднем примерно на четыре пятых от их общей глубины, оставляя лишь пятую часть рельефа, выступающего над уровнем океана. Мы называли такое расположение удачным, поскольку оно гарантирует, что осадки выпадают почти на всех участках суши, и тем самым делает эти области пригодными для жизнедеятельности. Если бы океан занимал только половину своей существующей площади, земли были бы настолько широки, что плодородными были бы только их окраины. Если бы она была на одну пятую больше, чем есть, засушливые районы сократились бы до нескольких разбросанных островов.

Со всех точек зрения важнейшая особенность поверхности земли вытекает из ее разделения на сушу и водные пространства, и это по той причине, что физическая и жизненная работа нашей сферы неизбежно определяется этим распределением. Форма морей и суш определяется положением, в котором верхний уровень великой воды соприкасается с хребтами, которые волнуют поверхность земли. Эти возвышенности расположены так, что около двух третей твердой массы в настоящее время покрыто водой и только одна треть находится под воздействием атмосферы. Это соотношение непостоянно. Из-за бесконечных подъемов и опусканий земной поверхности расположение береговых линий меняется из года в год, и в геологические эпохи происходят большие революции в формах и относительной площади воды и суши.

Отмечая большие границы суши и воды, как они показаны на глобусе, мы легко видим, что те части континентальных хребтов, которые возвышаются над уровнем моря, в основном сосредоточены в северном полушарии — фактически, гораздо больше половины засушливого царства находится в этой части мира. Кроме того, мы видим, что все континенты более или менее отчетливо указывают на юг; одним словом, они представляют собой треугольники, основания которых обращены на север, а вершины, обычно довольно острые, направлены на юг. Эта форма очень хорошо обозначена в трех великих землях, Северной и Южной Америке и Африке; более расплывчато она обозначена в Азии и Австралии. Пока мы еще не совсем понимаем, почему континенты имеют треугольную форму, почему они направлены к южному полюсу или почему они в основном сосредоточены в северном полушарии. Как говорилось в главе об астрономии,

некоторые следы треугольной формы видны в массивах суши планеты Марс. Там тоже эти треугольники, по-видимому, указывают на один полюс.

Помимо больших земель, моря омываются множеством более мелких засушливых областей, называемых островами. Они, как показало исследование, имеют две очень разные природы. Вблизи континентов, практически никогда не удаляясь более чем на тысячу миль от их берегов, мы находим острова, часто больших размеров, такие как Мадагаскар, которые по своему строению в основном подобны континентам, то есть частично или полностью построены из невулканических пород, песчаников, известняков и т.д. В большинстве случаев эти острова, к которым мы можем применить термин "континентальные", когда-то были соединены с соседним материком, а затем отделены от него понижением поверхности, которое позволяло морю омывать низменности. Геологи проследили множество случаев, когда в прошлом возвышенности, которые сейчас являются частями континента, когда-то были островами рядом с его берегом. Острова в более глубоких морях, удаленных от окраин континентов, состоят из вулканических выбросов лавы, пемзы и пыли, которые были выброшены кратерами и осыпались вокруг их окраин или образованы кораллами и другими органическими остатками.

Следующим после этого общего утверждения о разделении моря и суши мы должны отметить особенности, которые проявляет поверхность земли там, где она омывается воздухом, и там, где она покрыта водой. Начиная с самого известного региона, суши, мы замечаем, что поверхность обычно состоит из непрерывных склонов различной крутизны, которые ведут вниз от возвышенностей к морю. Кое-где, хотя и редко, эти склоны заканчиваются в котловине, занятой озером или мертвым морем. На более глубоких слоях океана, насколько мы можем судить с помощью неполной информации, которую дает нам отвес, нет такой непрерывности в нисходящем наклоне поверхности, область разделена на многочисленные впадины, каждая из которых имеет большую протяженность.

Когда мы более подробно изучаем форму поверхности суши, мы легко замечаем, что непрерывные спуски происходят из-за режущего действия рек. В бассейне ручья воды размывают первоначальные высоты, заполняя ими впадины, пока вся территория не будет иметь непрерывный уклон вниз до точки, где воды сливаются в океан или, возможно, в озеро. На дне моря, за исключением окраины континента, где дно в недавнее геологическое время могло быть поднято в воздух и, таким образом, подвергаться воздействию рек, нет такого агента, который приводил бы к непрерывному понижению.

Рассматривая карту континента, на которой показаны различия в высоте суши, мы легко замечаем, что территория довольно четко разделена на два вида поверхности, горы и равнины, причем каждый вид резко отличается от другого многими важными особенностями. Горы, как правило, состоят из отчетливых, более или менее параллельных хребтов и долин, которые сгруппированы в очень вытянутые пояса, которые, в случае американских Кордильер, простираются от Арктики до Северного полярного круга. Лишь в редких случаях мы находим горы, занимающие территорию, которая не имеет очень отчетливой вытянутости, и в таких случаях возвышенности обычно невелики. Равнины, с

другой стороны, обычно занимают большую часть континента и распределены по флангам горных систем. Нет никаких правил относительно их формы; обычно они отходят от подножий гор в сторону моря и часто проходят ниже уровня воды на значительное расстояние за пределами берега, образуя то, что обычно известно как континентальный шельф или пояс отмелей вдоль береговой линии. Теперь мы рассмотрим некоторые детали, касающиеся формы и строения гор.

Почти в любом горном регионе беглый взгляд на поверхность страны даст читателю ключ к пониманию основного фактора, определившего существование этих возвышенностей. Где бы ни обнаружились донные породы, он распознает тот факт, что они были сильно потревожены. Почти везде слои повернуты под большим углом; часто их склоны круче, чем у крыш домов, и нередко они находятся в таком положении, что кажутся вертикальными. Под поверхностью равнин залегающие породы обычно сохраняют почти горизонтальное положение, в котором с наибольшей вероятностью могут быть обнаружены все подобные отложения. Если наблюдатель внимательно изучит детали расположения этих наклоненных скал в горных районах, он в большинстве случаев сможет заметить, что пласты были изогнуты или складчаты способом, указанным на схеме. Иногда, хотя и редко, вершушки этих складок или арок сохранялись, так что можно было четко различить характер движения. Чаще всего верхние части выгибающихся вверх слоев были срезаны действием вызывающих распад сил - мороза, текущей воды или ползучего льда в ледниках, - так что хорошо сохранились только направленные вниз складки, образовавшиеся при образовании гор, и они почти всегда скрыты в земле.

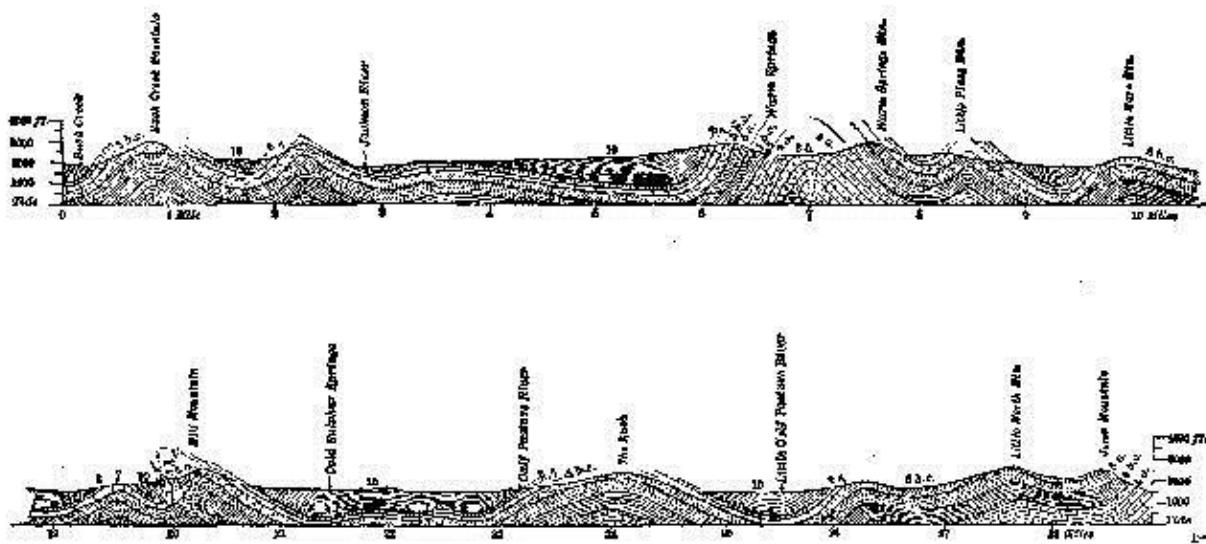


Рис.

7.—Участок гор. Округа Рокбридж и Бат, Вирджиния (из Даны).

Цифры указывают на несколько образований.

(Примечание переписчика: нажмите на изображение, чтобы получить полноразмерную версию рисунка.)

Пересекая любую значительную горную цепь, как, например, Аллеганскую, обычно можно проследить ряд этих параллельных восходящих и нисходящих складок пластов, так что мы легко видим, что первоначальные пласты были уложены вместе на гораздо меньшем пространстве, чем они занимали вначале. В некоторых случаях мы могли бы доказать, что укорочение линии составило сто миль или более — другими словами, точки на равнинах по обе стороны горного хребта, который существует сейчас, возможно, были сдвинуты на сто миль или около того ближе друг к другу, чем они были до образования возвышенностей. Читатель может составить для себя удобную диаграмму, показывающую, что произошло, нажав на ряд листов этой книги так, чтобы листы бумаги образовали гребни и борозды. С помощью этого эксперимента он также увидит, что самый простой способ объяснить такие складки, которые мы наблюдаем в горах, - это предположить, что некая сила, находящаяся в земле, стремится вытеснить пласты на меньшее пространство, чем они занимали изначально. Породы, слагающие горы, не только сильно сложены, но и часто проламываются подобно каменной кладке, подвергшейся землетрясениям, или льду, деформировавшемуся в результате расширения, которое воздействует на него по мере того, как он нагревается, прежде чем растаять. На самом деле, многие из наших небольших озер в Новой Англии и в других странах с долгой зимой представляют собой миниатюрные складки льда, которые во многом напоминают горные арки.

Поначалу геологи были склонны приписывать все явления горообразования прогрессирующему охлаждению земли. Хотя эта сфера уже потеряла большую часть тепла, которым была наделена вначале, она все еще очень горячая в своих более глубоких частях, о чем свидетельствуют явления вулканов. Это внутреннее тепло, которое по сей день на глубине ста миль под поверхностью, вероятно, больше, чем у расплавленного

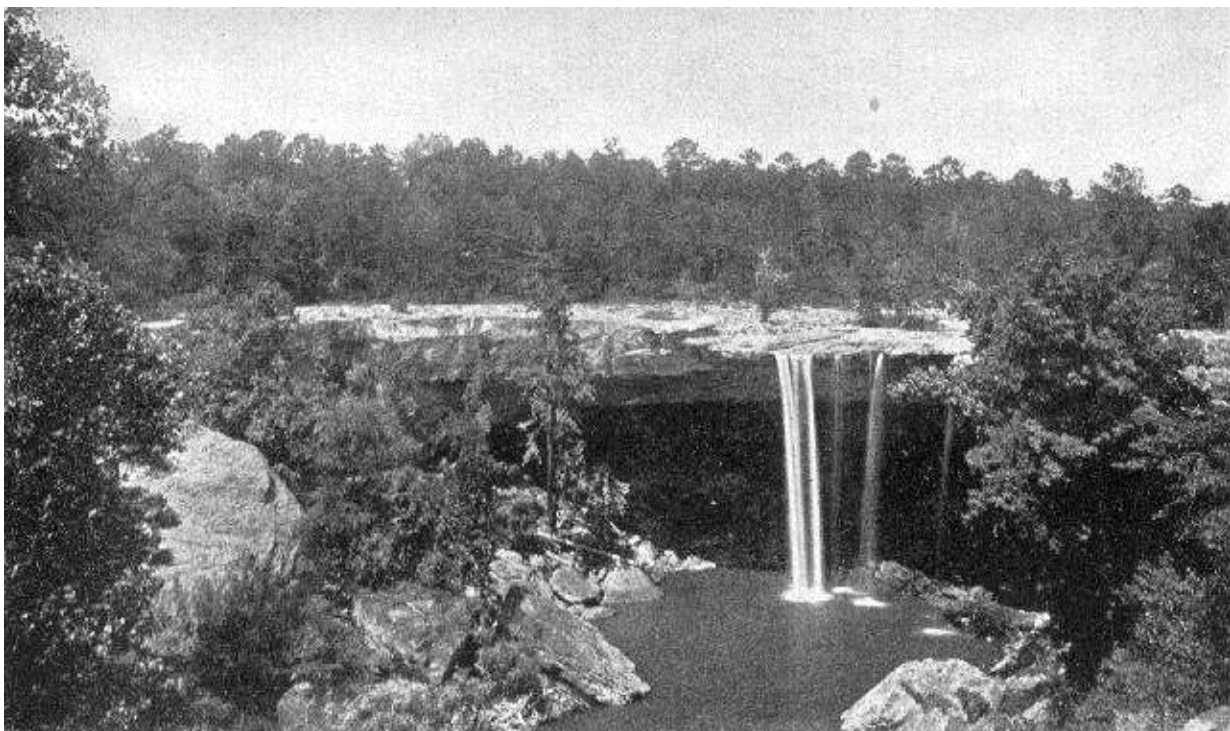
железа, постоянно утекает в космос; вероятно, в среднем каждый день его уходит достаточно, чтобы растопить сто кубических миль или более льда, или, выражаясь более научным языком, количество тепла, оставшегося скрытым при таянии этого объема замерзшей воды. Дж. Р. Мейер, выдающийся физик, подсчитал, что количество тепла, выделяющегося таким образом каждый день в году, достаточно, чтобы растопить двести сорок кубических миль льда. Следствием этой потери тепла является постоянное уменьшение объема земли; действительно, было подсчитано, что сфера из-за этого сжимается в среднем на несколько дюймов каждую тысячу лет. По той причине, что почти все это тепло поступает из глубин земли, а холодная внешняя часть не теряет значительной его части, вызванное сжатие воздействует только на внутренние части сферы. Внутренняя масса постоянно сжимается по мере потери тепла, внешняя, холодная часть под действием своего веса вынуждена оседать и может достичь этого результата только путем сморщивания. Аналогичное действие можно наблюдать, когда яблоко или картофель становятся сушеными; в этом случае жесткая внешняя кожура вынуждена сморщиваться, потому что, не теряя воды, она не уменьшается в своей протяженности и может приспособиться к внутренней части только в процессе сморщивания. В одном случае вытекает вода, в другом - тепло; но в обоих случаях сжатие части, которая подвергается потере, приводит к складыванию внешней части сфероида.

Хотя эта потеря тепла со стороны земли в какой-то мере объясняет образование гор, сама по себе она недостаточна для объяснения явлений, и это по той причине, что горы, по-видимому, ни в коем случае не возникают на дне широкого моря. Средняя глубина океана составляет всего пятнадцать тысяч футов, в то время как существуют сотни, если не тысячи, горных гребней, которые превышают эту высоту над морем. Следовательно, если бы горы росли на морском дне так же, как они растут на суше, то над водной равниной должны были бы возвышаться тысячи вершин, в то время как фактически все острова, за исключением тех, что расположены у берегов континентов, имеют вулканическое происхождение, то есть являются землями совершенно иной природы.

Всякий раз, когда образуется значительная горная цепь, хотя фактическая складчатость пластов ограничивается обычно узкой областью, занятой этими нарушениями, подъем происходит на широком поясе местности по одну или обе стороны хребта. Таким образом, если мы приближаемся к Скалистым горам со стороны долины Миссисипи, мы начинаем подниматься по наклонной плоскости с того момента, как начинаем двигаться на запад от реки Миссисипи. Скальные пласты, так же как и поверхность, постепенно повышаются, пока не достигают подножия горы; хотя скалы еще не имеют складок, они находятся на высоте четырех или пяти тысяч футов над уровнем моря. Представляется вероятным — более того, мы можем сказать почти наверняка, — что когда земная кора разрушается, как это происходит при горообразовании, обширными складками и разломами, вещество, лежащее на несколько десятков миль ниже земной коры, проникает к этим разломам и таким образом приподнимает местность, на которой они лежат. Когда мы исследуем формы любого из наших континентов, мы обнаруживаем, что эти возвышенные участки земной коры, по-видимому, состоят из гор и плоскогорий, которые окаймляют эти возвышенности. На наших великих землях, как полагают некоторые из наших авторов, нет двух различных видов возвышенности - континентов и гор, которые они несут, — но

есть единый процесс возвышения, посредством которого складки и массивные возвышенности, составляющие плоскогорья, образуются одновременно и в результате одного процесса.

Рассматривая континенты как результат роста гор, мы можем сказать, что кое-где в земной коре эти смещения происходили в такой взаимосвязи и такого масштаба, что огромные площади были подняты над морской равниной. В целом, мы находим эти группы возвышенностей расположенными таким образом, что они образуют треугольную форму, которая характерна для великих земель. Можно заметить, например, что форма Северной Америки в целом определяется положением систем Аппалачей и Кордильер на ее восточном и западном побережьях, хотя существует ряд более мелких цепей, таких как Лаврентийские горы в Канаде и покрытые льдом горы Гренландии, которые в определенной степени влияют на определение ее береговых линий.



Водопад близ Гадсдена, Алабама. Верхняя часть скалы представляет собой твердый песчаник, нижние слои - мягкий сланец. Условия здесь такие же, как и у большинства водопадов, таких как Ниагара.

История равнин, так же как и история гор, прольет дополнительный свет, когда в следующей главе мы перейдем к рассмотрению воздействия дождевой воды на сушу. Здесь мы можем отметить тот факт, что ровные поверхности, находящиеся над морскими берегами, делятся на две основные группы — те, которые были недавно подняты над уровнем моря, состоят из материалов, отложившихся на отмелях рядом с берегом, и которые еще не подверглись горообразовательным нарушениям, и те, которые были слегка наклонены, как указано выше в случае равнин, которые граничат со Скалистыми горами на востоке. Великая южная равнина на востоке и юге Соединенных Штатов,

простирающаяся от окрестностей Нью-Йорка до Мексики, является хорошим образцом ровных земель, распространенных на всех континентах, недавно вышедших из моря. Плоскогорья по обе стороны долины Миссисипи, спускающиеся от Аллеганских гор и Кордильер, представляют собой более древний тип равнин, которые уже разделили высоту, вызванную горообразованием. В более редких случаях равнины небольшой площади образуются там, где раньше существовали горы, в результате полного опускания первоначальных хребтов.

Существует общее мнение, что континенты в течение геологических эпох подвержены очень большим изменениям положения; что то, что сейчас является морем, может уступить место новым большим землям, и что уже существующие могут полностью исчезнуть. Такого мнения действительно в целом придерживались геологи не более тридцати лет назад. Дальнейшее изучение проблемы показало нам, что, хотя части каждого континента могут в любой момент погрузиться под воду, вся его поверхность редко, если вообще когда-либо опускается ниже уровня воды. Таким образом, в случае Северной Америки мы можем легко заметить очень большие изменения в ее форме с тех пор, как суша начала подниматься над водой. Но всегда, с тех древних времен и до наших дней, какая-то часть территории находилась выше уровня моря, таким образом обеспечивая ковчег-убежище для наземной жизни, когда она была потревожена наводнениями. Самым убедительным доказательством в пользу мнения о том, что существующие континенты просуществовали много миллионов лет, является тот факт, что на каждой из великих земель сохранилось множество различных групп животных и растений, которые произошли от древних форм, обитавших на одной и той же территории. Если бы когда-нибудь относительно небольшой континент Австралия ушел под воду, все любопытные сумчатые животные, родственные опоссумам и кенгуру, которые в изобилии водятся в этой стране, — существа, принадлежащие к древней жизни мира, — были бы уничтожены.

Мы уже отмечали тот факт, что поднятие гор и окружающих их плоскогорий, которое, по-видимому, было основой роста материков, произошло из-за напряжений в горных породах, достаточно сильных, чтобы нарушить пласты. На каждом этапе горообразовательного движения этим сжимающим деформациям приходилось бороться с очень большим весом горных пород, которые им приходилось перемещать. Эти площадки следует рассматривать не как прочно установленные или ригидные арки, а как высокоэластичные конструкции, форма которых может определяться любыми действиями, которые налагают или снимают нагрузку. Доказательство этого факта мы видим из многочисленных наблюдений, которыми сейчас занимаются геологи. Таким образом, во время последней ледниковой эпохи, когда почти вся северная часть этого континента, а также северная часть Европы были покрыты ледяным покровом толщиной в несколько тысяч футов, земли просели под их тяжестью, причем в степени, примерно пропорциональной глубине ледяного покрова. В то время как северные регионы были, таким образом, наклонены вниз под тяжестью обрушившегося на них груза, южная часть этой земли, регион вокруг Мексиканского залива, был поднят намного выше своего нынешнего уровня; действительно, представляется вероятным, что полуостров Флорида поднялся на высоту нескольких сотен футов над своей нынешней береговой линией.

После того, как лед сошел, движение изменилось на обратное: северная область поднялась, а южная опустилась. Об этих перемещениях свидетельствует положение старых береговых линий, сформировавшихся на более поздних стадиях ледниковой эпохи. Таким образом, вокруг озера Онтарио, а также других Великих озер, пляжи, которые отмечают более высокое положение этих внутренних морей во время заключительных стадий ледостава и которые, конечно, были горизонтальными, когда формировались, теперь поднимаются к северу со скоростью от двух до пяти футов на каждую милю расстояния. Недавние исследования г-на Г.К. Гилберта показывают, что это движение все еще продолжается.

Другие свидетельства того, до какой степени движения земной коры зависят от веса материалов, можно найти в том факте, что везде, где вдоль берегов накапливаются мощные отложения донных отложений, регион, где они залегают, имеет тенденцию постепенно опускаться вниз, так что слои, имеющие общую толщину десять тысяч футов или более, могут накапливаться в море, которое всегда было мелководным. Океанское дно, как правило, представляет собой часть поверхности земли, где постоянно происходит отложение пластов. В огромном резервуаре вод *обломки*, вымытые с суши, пыль от вулканов и пыль из звездных пространств, наряду с огромным накоплением органических остатков, почти повсюду приводят к постоянному накоплению осадочных отложений. С другой стороны, области поверхности над уровнем океана постоянно размываются под действием рек и ледников, волн, которые бьются о берега, и ветров, которые дуют над пустынными районами. В результате земли изнашиваются геологически быстрыми темпами, в среднем примерно на один фут за пять тысяч лет. Все это тяжелое вещество оседает на морское дно. Вероятно, этой причине мы отчасти обязаны тем фактом, что в изгибах земной коры из-за сжатия внутренних частей суши проявляют преобладающую тенденцию к поднятию, в то время как дно океанов опускается. Таким образом, континенты удерживаются над уровнем моря, несмотря намогущественные силы, которые постоянно истощают их материю, в то время как моря остаются глубокими, хотя их постоянно нагружают импортируемыми материалами.

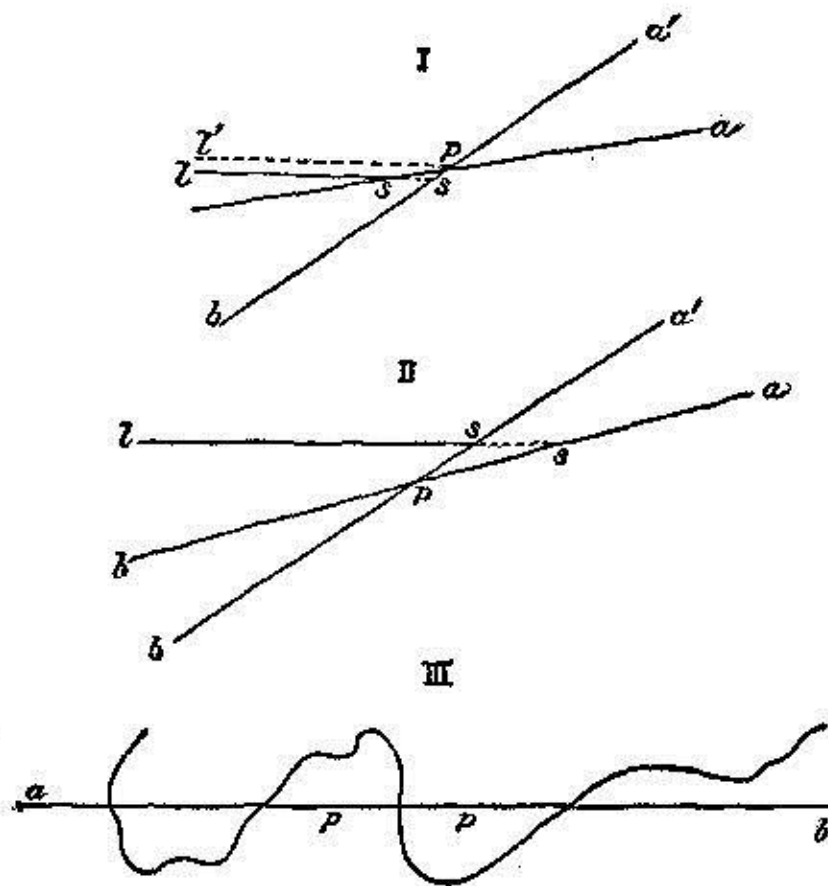


Рис. 8. Диаграмма, показывающая влияние положения точки опоры на движение наземных масс. На диаграммах I и II линии ab обозначают сушу до движения, $a' b'$ - ее положение после движения; s, s - положение береговой линии; p, p - опорные точки; l, s - линия моря. На диаграмме III изогнутая линия обозначает берег; линия ab , соединяющая опорные точки p, p , частично проходит под сушей, частично - под морем.

Легко видеть, что если морское дно имеет тенденцию опускаться вниз, в то время как континентальные земли поднимаются, то происходящие при этом движения можно сравнить с теми, которые происходят в рычаге вокруг точки опоры. В этом случае морская оконечность бара опускается, а сухопутная оконечность поднимается. Теперь очевидно, что точка опоры может располагаться со стороны моря или со стороны суши; только случайно и кое-где она могла бы находиться точно на береговой линии. Обратившись к диаграмме (рис. 8), можно увидеть, что, хотя точка поворота находится прямо на берегу, значительное движение может происходить без изменения положения береговой линии. Там, где точка неподвижности находится в глубине побережья, море одержит верх над континентом; там, однако, где точка находится ближе к морю, под водой, суша одержит верх над океаном. Таким образом, мы можем, по крайней мере частично, объяснить бесконечные изменения положения суши вдоль прибрежного пояса, не предполагая, что континенты перестанут подниматься или морское дно опустится вниз. Очевидно, что стержень или секция горных пород от внутренней части суши до дна морей не является твердым; также вероятно, что вещество в глубинах земли, которое движется вместе с движениями этого стержня, время от времени меняло бы положение

точки опоры. Таким образом, вполне может случиться так, что наши береговые линии будут раскачиваться вверх и вниз в непрерывных вариациях.

В совсем недавние геологические времена, вероятно, с начала последнего ледникового периода, область вокруг Мрачного болота в Вирджинии колебалась вверх и вниз в результате четырех чередующихся движений на протяженность от пятидесяти до ста футов. Побережье Нью-Джерси сейчас опускается примерно на два фута за сто лет. Побережье Новой Англии, хотя и недавно поднялось на сто футов или более, в еще более позднее время опустилось, так что в нескольких десятках пунктов между Нью-Йорком и Истпортом, штат Мэн, мы находим остатки лесов с корнями деревьев, все еще стоящими ниже отметки прилива в местах, где деревья не могли вырасти. Вдоль всех морских побережий мира, которые были тщательно изучены с этой точки зрения, имеются аналогичные свидетельства незначительных или значительных современных изменений уровня суши. В некоторых местах, особенно на побережье Аляски и вдоль побережья Перу, эти поднятия суши достигали тысячи футов и более. В полуостровном районе Скандинавии происходящие сейчас колебания, иногда вверх, иногда вниз, значительно изменили положение береговых линий с начала исторического периода.

Существуют и другие причины, способствующие изменению форм и размеров континентов, которые лучше всего рассмотреть в дальнейшем; пока мы можем отойти от этой темы, заявив, что наши обширные земли являются относительно постоянными объектами; их формы меняются от эпохи к эпохе, но они миллионы лет оставались пригодными для обитания множества животных и растений, которые приспособили свою жизнь к условиям, которые предоставляют им эти поля.

ГЛАВА V.

АТМОСФЕРА.

Твердая часть земли, состоящая из материалов, которые стали твердыми, когда тепло из сферы исчезло настолько, что скалистое вещество смогло перейти из своего предыдущего жидкого состояния в твердое или замороженное, окутана двумя большими оболочками: атмосферой и водами. Из них мы сначала рассмотрим более легкий и универсальный воздух; принимая во внимание его особенности, нам придется упомянуть о воде, с которой он в значительной степени связан; затем мы рассмотрим структуру и функции этой жидкости.

Атмосферные оболочки, по-видимому, являются общими чертами небесных сфер. На солнце, как мы уже отмечали, имеется очень глубокая оболочка такого рода, частично состоящая из элементов, образующих наш собственный воздух; но из-за высокой температуры сферы они смешаны со многими веществами, которые на нашей земле — по крайней мере, в ее внешних частях — перешли в твердое состояние. Некоторые планеты, насколько мы можем различить их условия, по-видимому, также имеют газовую оболочку; это, безусловно, относится к планете Марс, и даже то небольшое, что мы знаем о других подобных сферах, оправдывает предположение, что Юпитер и Сатурн, по крайней мере, имеют сходное строение. Одним словом, мы можем рассматривать атмосферу как представляющее нормальное и продолжительное состояние в развитии небесных сфер. Только на одном из этих значительных тел солнечной системы, Луне, мы находим достаточно четкие доказательства отсутствия атмосферы.

Атмосфера Земли состоит в основном из очень летучих элементов, известных как азот и аргон. Он смешивается с кислородом, также летучим элементом. В эту массу входит ряд других веществ в различных, но всегда относительно очень малых пропорциях. Наиболее значительными из них являются водянистый пар и углекислый газ; первый из них редко составляет один процент от массы воздуха, учитывая атмосферу в целом, а количество последнего никогда не превышает небольшой доли одного процента. В целом воздушную оболочку земли следует рассматривать как массу азота и аргона, которые лишь в редких случаях под влиянием условий, существующих в почве, вступают в соединения с другими элементами, благодаря которым принимают твердую форму. Кислород, хотя и является постоянным элементом атмосферы, имеет тенденцию постоянно вступать в соединения, которые временно или постоянно удерживают его в земле, в которой он образует, действительно, в своем объединенном состоянии около половины веса всех известных нам минеральных веществ. Углекислый газ, или углекислотный газ, как его обычно называют, является наиболее важным веществом, поскольку он обеспечивает растениям все те части их тела, которые исчезают при сжигании. Он постоянно возвращается в атмосферу в результате распада органического вещества, а также в результате вулканической деятельности.

В дополнение к вышеупомянутым материалам, составляющим воздух, все из которых действительно необходимы для замечательной работы, выполняемой этой оболочкой, мы находим множество других веществ, которые случайно, непостоянно и всегда в небольших количествах содержатся в этой сфере. Таким образом, вблизи морских берегов и даже на значительном расстоянии вглубь континента мы обнаруживаем, что воздух содержит определенное количество соли, настолько мелкодисперсной, что она плавает в атмосфере. Точно так же мы обнаруживаем, что воздух, даже на горных вершинах среди вечных снегов, насыщен мелкими частицами пыли, которые, хотя и не видны невооруженным глазом, сразу становятся видимыми, когда мы позволяем тонкому лучу света проникнуть в темное помещение.

Обычно утверждается, что атмосфера фактически не распространяется выше высоты сорока пяти миль; мы знаем, что она наиболее плотна на поверхности Земли, особенно в тех впадинах, которые лежат ниже уровня моря. Это доказывается для нас весом, который воздух оказывает на ртуть в открытом конце барометрической трубки. Если бы мы могли углубить эти полости на тысячу миль, давление стало бы настолько большим, что, если бы яма оставалась свободной от тепла земли, газообразные материалы превратились бы в жидкость. Выше от поверхности земли, на уровне моря, атомы и молекулы воздуха удаляются друг от друга все дальше, пока на высоте где-то между сорока и пятьюдесятью милями количество их, содержащихся в эфире, не становится настолько малым, что мы не можем проследить их незначительное влияние на лучи света, которые на более низких уровнях несколько искривляются под их действием. Однако на еще более высоких уровнях метеоры, по-видимому, воспламеняются от трения о частицы воздуха, и даже на высоте восьмидесяти миль иногда можно различить очень слабые облака, которые, возможно, состоят из вулканической пыли, плавающей в очень разреженной среде, которая должна существовать на этой большой высоте.

Воздух существует не только в том регионе, где мы его отчетливо узнаем; он также находится в водах и под землей. В воде это происходит в виде механической смеси, которая образуется по мере того, как образуется дождь и разливается в воздухе, когда ручьи текут к морю и когда волны перекачиваются через глубину и бьются о берега. В царстве вод, так же как и на суше, воздух необходим для поддержания всех форм животных; если бы не его присутствие, такая жизнь исчезла бы с лица земли.

В силу определенных особенностей своего строения атмосфера нашей Земли и, несомненно, мириадом других сфер служит средством связи между различными регионами. Это, как мы знаем, непрерывное движение со скоростью, которая может варьироваться от скорости во время сильнейших бурь, которая может достигать где-то ста пятидесяти миль в час, до очень медленных перемещений, которые происходят в пещерах, где перенос иногда осуществляется с почти микроскопической скоростью в течение дня. Движение атмосферы вызвано действием тепла здесь и там, и в незначительной степени теплом из недр земли, выходящим через горячие источники или вулканы, но почти полностью солнечным теплом. Если бы мы могли представить землю отрезанной от солнечной радиации, воздух перестал бы двигаться. Мы часто замечаем,

как переменные ветры стихают ночью. Те, кто в поисках Северного полюса проводил зимы в длительной темноте этого региона, заметили, что ветры почти перестают дуть, воздух нарушается только тогда, когда шторм, зародившийся в залитом солнцем царстве, прорывается в циркумполярную тьму.

Солнечное тепло непосредственно не воздействует на атмосферу; если бы мы могли убрать твердую сферу мира, оставив воздух, лучи проходили бы прямо сквозь нее, и не было бы никаких ветров. Это связано с тем, что воздух пропускает прямые тепловые лучи, например, исходящие от солнца, через себя с очень небольшим сопротивлением. В воздушном шаре, таком, как мы себе представили, лучи, падающие на его поверхность, были бы слегка отклонены со своего пути при прохождении через линзу, но они продолжали бы свое путешествие в пространстве, не нагревая массу в какой-либо значительной степени. Однако, попадая на твердую землю, тепловые лучи нагревают материалы, на которых они задерживаются, доводя их до более высокой температуры, чем воздух. Затем эти нагретые материалы излучают энергию в воздух; однако случается, что это лучистое тепло не может вернуться обратно в космос так же легко, как оно поступило; поэтому частицы воздуха рядом с поверхностью приобретают относительно высокую температуру. Таким образом, столбик термометра у земли может подниматься выше ста градусов по Фаренгейту, в то время как ворсистые облака, которые мы можем наблюдать плавающими на высоте пяти-шести миль над поверхностью, состоят из замерзшей воды.

Эффект нагретого воздуха, который приобретает свою температуру под действием излучения с поверхности земли, заключается в создании ветров. Это достигается очень простым способом, хотя детали процесса имеют определенную сложность. Лучшую иллюстрацию того, каким образом образуется ветер, можно получить, наблюдая за тем, что происходит с обычным огнем на дне дымохода. Как только огонь разожжен, мы замечаем, что воздух вокруг него, поскольку он нагрет, стремится вверх, увлекая за собой дым. Если воздух в дымоходе холодный, поначалу он может плохо втягиваться; но через несколько минут устанавливается тяга, или, другими словами, нагретый нижний воздух прокладывает себе путь вверх по шахте, постепенно выталкивая более холодное вещество наверх. В неподвижном воздухе мы можем наблюдать, как колонна из дымохода простирается вдоль верха дымохода, иногда на высоту ста футов или более, прежде чем она разлетится на куски. Здесь уместно отметить тот факт, что энергия тяги в дымоходе при заданной теплоте огня и количестве воздуха, которому разрешено поступать в шахту, прямо пропорциональна высоте; таким образом, в очень высоких дымоходах, высотой от двухсот до трехсот футов, которые иногда сооружаются, порыв ветра достигает скорости шторма.

Всякий раз, когда воздух рядом с поверхностью нагревается настолько, что может преодолеть инерцию более холодного воздуха наверху, он проталкивается через нее вверх общим способом, указанным в дымоходе. Когда такое место прорыва установлено, горячий воздух у поверхности устремляется во всех направлениях к шахте, присоединяясь к экспедиции в верхние слои атмосферы. Из-за условий земной

поверхности, которые мы сейчас рассмотрим, эти подъемы нагретого воздуха относятся к двум различным классам — те, которые движутся вверх по более или менее цилиндрическим трубам в атмосфере, шахтам, которые непостоянны, диаметр которых варьируется от нескольких футов до пятидесяти или, возможно, ста миль, и которые движутся над поверхностью земли; и другой, который состоит из широкой, похожей на пояс шахты в экваториальных областях, которая некоторым образом опоясывает землю, остается примерно на одном и том же месте, постоянно сохраняется и имеет ширину в сотни миль. Из этих двух классов натисков мы сначала рассмотрим самый сильный, который встречается в центральных частях тропического царства.

Под экватором, вследствие того факта, что солнце на значительной территории суши и морей поддерживает высокую температуру земли, наблюдается общее восходящее движение, которое началось много миллионов лет назад, вероятно, еще до зарождения жизни, в эпоху, когда наша атмосфера приняла свое нынешнее состояние. В эту область обязательно поступает более холодный воздух с севера и юга, частично сдавливаемый весом холодного воздуха, который находится над ней, но способствующий его движению благодаря тому факту, что поднимающиеся частицы оставляют место для других. На поверхности суши в пределах тропического региона эта тяга к тому, что мы могли бы назвать экваториальной трубой, нарушается неровностями поверхности и многими локальными авариями. Но на море, где условия однородны, движение воздуха к точке подъема заметно по пассатам, которые дуют с устойчивым уклоном вниз, к экватору. Многие незначительные явления, такие как движение горячих и холодных морских течений, местное движение воздуха с суши или с отдельных островов, несколько нарушают пассаты, но они остаются одними из самых постоянных характеристик в этом изменчивом мире. Сомнительно, чтобы что-либо на этой сфере, кроме атомов и молекул материи, менялось так же мало, как пассаты в центре обширного океана. Они настолько устойчивы и единообразны, что, как говорят, штурвал и паруса корабля могут быть установлены у западного побережья Южной Америки и оставлены неизменными для путешествия, в ходе которого мореплаватель пересечет Тихий океан.

Поднимаясь над землей в тропическом поясе, воздух достигает высоты в несколько тысяч футов; затем он начинает изгибаться к северу и югу и на высоте где-то примерно трех-пяти миль над поверхностью снова движется горизонтально к обоим полюсам; достигнув определенного расстояния в этом путешествии, он постепенно опускается на поверхность земли и прекращает движение к более высоким широтам. Если бы земля не вращалась вокруг своей оси, направление этих ветров вдоль поверхности к экватору и в верхних слоях воздуха обратно к полюсам имело бы форму, которую мы могли бы назвать прямоугольной, то есть частицы воздуха двигались бы к точке, где они начинают подниматься вверх по прямой северной и южной линиям, в зависимости от того, откуда они пришли из южного или северного полушария, а верхние течения или встречные течения повторяли бы свои пути также параллельно меридианам или линиям долготы. Но поскольку земля вращается с запада на восток, направление пассатов наклонно к экватору: в северном полушарии они дуют с северо-востока на юго-запад, в южном - с юго-востока на северо-запад. Нетрудно понять, каким образом движение земли влияет на направление этих токов. Оно заключается в следующем:

Представим себе частицу воздуха, расположенную непосредственно над полярной осью Земли. Такой атом при вращении сферы не совершал бы никакого движения, за исключением того, что он мог бы вращаться вокруг своего собственного центра. Он не приобрел бы никакой скорости в силу движения земли. Затем давайте представим, что частица движется к экватору со скоростью обычного ветра. На каждом этапе своего путешествия к более низким широтам она попадала бы в области с большим движением, чем те, которые она только что покинула. Таким образом, из-за своей инерции он имел бы тенденцию постоянно отставать от окружающих его частиц материи. Таким образом, он отклонялся бы на запад и вместо того, чтобы двигаться строго на юг, в северном полушарии дрейфовал бы на юго-запад, а в южном полушарии - на северо-запад. Хорошую иллюстрацию этого действия можно получить на примере обычного поворотного стола, такого, какие используются на железнодорожных станциях для изменения положения локомотива. Если наблюдатель встанет в центре такого стола, когда его поворачивают, он заметит, что его тело не раскачивается ни вправо, ни влево. Если затем он попытается пройти к периферии вращающегося диска, он легко заметит, что очень трудно, если не невозможно, идти по радиусу круга; он, естественно, отстает в движении, так что его путь представляет собой изогнутую линию, точно такую, по которой движутся ветры, движущиеся к экватору при пассатах. Если теперь он на мгновение остановится на периферии стола, чтобы его тело приобрело скорость диска в этой точке, а затем попытается идти к центру, он обнаружит, что снова не может идти прямо; его путь отклоняется в противоположном направлении — другими словами, тело, постоянно движущееся к месту с меньшей скоростью движения из-за вращения земли, из-за своего импульса всегда движется быстрее поверхности, над которой оно проходит. Этот эксперимент можно легко провести на любом маленьком вращающемся диске, таком как гончарный круг, или перекачивая шарик или дробь от центра к окружности и от окружности к центру. Небольшое размышление покажет исследователю, как эти иллюстрации четко объясняют косые, хотя и противоположные направления пассатов в верхней и нижней частях воздуха.

Доминирующее влияние тропической жары на движение воздушных потоков простирается на поверхности океана, как правило, примерно на север и юг до сорокаградусных параллелей, значительно превышая границы тропиков, те линии, где солнце из-за наклона земной оси в определенное время года оказывается прямо над головой. Между этими поясами пассатов есть полоса или пояс под областью, где атмосфера поднимается от земли, в которой ветры нерегулярны и обладают небольшой энергией. Эта область "депрессии" или частых затиший доставляет много хлопот парусным судам во время их путешествий из одного полушария в другое. Проходя через него, их паруса наполняются только воздухом местных штормов, или ветрами, которые проникают в эту часть моря с соседних континентов. За пределами пояса пассатов, по направлению к полюсам, движение атмосферы частично зависит от встречных потоков, которые опускаются к поверхности земли в широтах, более высоких, чем те, в которых дуют приземные или пассатные ветры. Таким образом, вдоль нашего атлантического побережья и даже в остальной части континента, временами, когда воздух не контролируется каким-либо местным штормом, встречный ветер дует со значительной регулярностью.

Влияние торговых и встречных движений воздуха на распределение температуры по поверхности Земли имеет огромное значение. Частично их влияние обусловлено непосредственной теплоносящей способностью атмосферы; в большей степени это вызвано движением океанских вод, которое они вызывают. Атмосферный воздух, лишенный воды, которая в нем обычно содержится, обладает очень низкой теплосодержащей способностью. Практически почти вся способность передавать тепло, которой он обладает, обусловлена содержащимся в нем водяным паром. Благодаря этой влажности ветры в значительной степени переносят тепло из тропической или перегретой части земной поверхности в приполярную или недогретую области. Сначала относительно прохладный воздух, который движется к экватору вдоль поверхности моря, постоянно нагревается и в этом процессе поглощает все больше и больше воды, точно по той же причине, по которой что-либо быстрее высыхает на воздухе, нагретом после пожара. В результате, прежде чем он начнет подниматься в тропическом восходящем потоке, будучи сильно насыщенным влагой, атмосфера накапливает большое количество тепла. По мере того, как он поднимается, разрежается и охлаждается, влага опускается в виде проливных дождей, которые обычно выпадают, когда солнце находится почти вертикально в тропическом поясе.

Здесь проявляется очень интересный принцип, который важен для понимания природы сильных штормов, будь то непрерывный шторм в тропиках или локальные и нерегулярные вихри, которые происходят в различных частях земли. Когда насыщенный влагой воздух начинает свое восходящее движение от земли, он обладает, благодаря содержащемуся в нем водянистому пару, запасом энергии, которая используется для создания восходящего потока. Когда он поднимается, влага в воздухе собирается вместе или конденсируется и при этом разделяется с теплом, которое привело к ее испарению с поверхности океана. Для данного веса воды количество тепла, необходимое для осуществления испарения, очень велико; об этом мы можем приблизительно судить, наблюдая, какой непрерывный огонь требуется, чтобы перевести пинту воды в состояние пара. Эта энергия, когда она выделяется при конденсации воды в дождь или снег, снова становится теплом и имеет тенденцию в некоторой степени, как и огонь в дымоходе, ускорять прохождение воздуха вверх. В результате вода, поднимающаяся в экваториальном восходящем потоке, становится тем, что мы могли бы назвать топливом для продвижения этого важного элемента в воздушной циркуляции Земли. Сделки и встречные сделки, несомненно, существовали бы, если бы не эффективность этого восходящего потока, который вызывается конденсацией водянистого пара, но движение было бы намного меньше, чем оно есть.

Бушующие штормы.

В области вблизи экватора или вблизи линии наивысшей температуры, которая по разным причинам не проходит точно по экватору, существует, как мы заметили, несколько непрерывный восходящий поток, при котором воздух проходит вверх по восходящей трубе, которая некоторым образом опоясывает покрытую морем часть земли. В этом регионе движение воздуха в значительной степени находится под контролем большого непрерывного восходящего потока. Продвигаясь на север и юг, мы попадаем в области, где воздух у поверхности земли за счет тепла, которое он приобретает от соприкосновения с этой поверхностью, более или менее выталкивается вверх; но поскольку постоянного восходящего потока для его выхода нет, он время от времени прорывается сквозь толщу холодного воздуха, которая над ним нависает, и образует временный канал для прохода. Двигаясь в полярном направлении от экватора, мы впервые сталкиваемся с этими локальными и временными выбросами воздуха вблизи границы тропического пояса. В этих районах, по крайней мере, над более теплыми морями, в то время года, когда наступает середина лета, и в регионах, где пассаты недостаточно сильны, чтобы сносить теплый и насыщенный влагой воздух к экваториальному поясу, восходящее напряжение атмосферы рядом с землей часто становится настолько сильным, что смещается вышележащий воздух, образуя канал, через который воздух быстро проходит. Поскольку влага конденсируется указанным выше способом, высвобождаемая энергия служит для ускорения восходящего потока, и начинается ураган. Сначала движение небольшое и не имеет большой скорости, но поскольку количество воздуха, стремящегося вверх, вероятно, будет большим, как и количество содержащейся в нем влаги, воздушная труба быстро расширяется, а скорость восходящего воздуха увеличивается. Атмосфера рядом с поверхностью моря втекает в канал эвакуации; ее прохождение отмечено ветрами, которые дуют в направлении центра. На периферии движения частицы движутся медленно, но по мере продвижения к центру они движутся с ускоряющейся скоростью. По принципу, определяющему вихревое движение воды, выходящей через отверстие в дне бассейна, частицы воздуха движутся не по прямым линиям к центру, а по спиральным траекториям, сначала вдоль поверхности, а затем вверх.

Мы отметили тот факт, что в бассейне с водой направление вращения является тем, что мы можем назвать случайным, то есть зависящим от условий настолько незначительных, что они ускользают от нашего наблюдения, но при ураганах определенный факт произвольным образом определяет направление, в котором должно происходить вращение. Как только такое движение воздуха достигает сколько-нибудь значительного диаметра, хотя в начале оно могло вращаться в направлении, вызванном локальными авариями, на него будут влиять различные скорости движения воздуха на его экваториальной и полярной сторонах в силу вращения Земли. На экваториальной стороне этот воздух движется быстрее, чем на полярной. Наблюдая за водой, вытекающей из бассейна, этот принцип можно прояснить с помощью нескольких экспериментов. В результате эти мощные вихри ураганов более высоких широт кружатся справа налево в северном полушарии и в обратном направлении в южном. Общая система воздушных

потоков еще больше влияет на эти, как и на другие вихревые штормы, перемещая их центры или трубы над поверхностью земли. Принцип, по которому это делается, можно легко понять, наблюдая, как вентиляционная шахта над дымоходом, через которую мы можем наблюдать, как поднимается дым во время затишья, отводится в сторону легким потоком, который существует даже тогда, когда мы не чувствуем ветра; это также можно различить по небольшим завихрениям пыли, которые образуются на улицах летним днем, когда воздух не сильно потревожен. Вращаясь, они движутся дальше в направлении воздушного потока. Таким образом, ураган, зародившийся в Мексиканском заливе, может постепенно перемещаться под влиянием встречных пассатов через Антильские острова или южную Флориду, а оттуда следовать окольным курсом на север, обычно вблизи атлантического побережья и на пути Гольфстрима, пока не преодолеет тысячу миль или более в направлении Северной Атлантики. Чем дальше он продвигается на север, тем менее эффективно питается теплым и насыщенным влагой воздухом, тем слабее становится его движение, пока, наконец, оно не нарушается переменными ветрами, с которыми он сталкивается.

Очень интересной и, с точки зрения штурмана, важной особенностью этих водоворотов является то, что в их центре наблюдается затишье, сходное по происхождению и природе со затишьем под экватором между поясами пассатов. Обе эти области находятся в области, где воздух поднимается вверх, и поэтому на поверхности земли это не влияет на паруса кораблей, хотя, если люди когда-нибудь научатся использовать летательные аппараты и плавать через тропики на хорошей высоте над морем, это будет достаточно разумно. Разница между унынием экватора и ураганом, помимо их относительных площадей, заключается в том, что одно представляет собой пояс, а другое - диск. Если моряку случится плыть по пути, который ведет его через центр урагана, он сначала различит, когда из безмятежного воздуха и моря он приближается к периферии шторма, горизонт, окруженный беспокойными облаками, движущимися в одном направлении. Войдя под эту завесу, он обнаруживает постоянно усиливающийся ветер, который через двадцать миль плавания может, а через сто миль наверняка заставит его поднять все паруса, кроме штормовых, и, вероятно, подвергнет его корабль серьезной опасности. Самые яростные ветры, известные моряку, - это те, с которыми он сталкивается, приближаясь к центру тихого океана. Эти испытания становятся еще более ужасными из-за того факта, что в яростной части вихря дождь, конденсирующийся из восходящего воздуха, обрушивается потоками, а электричество, образующееся при конденсации, приводит к появлению ярких молний. Если корабль, попавший в шторм, может продолжать свой путь, то через десяток-другой миль пути к центру, как правило, очень быстро, он переходит в спокойный диск, где перестают ощущаться ветры, дующие вверх. В этом районе судно не находится вне опасности, поскольку волны, накатывающие с нарушенных участков с обеих сторон, превращают плавание в пытку, когда трудно контролировать движения парусного судна из-за потери импульса ветра. Проходя через этот диск спокойствия, корабль вновь сталкивается в обратном порядке с яростной частью вихря, затем с ослабевающими ветрами, пока он снова не выйдет в воздух, который не вовлечен в великую пытку.

В старые времена, до того, как исследования штормов, проведенные Доув, показали законы движения ураганов, несчастные капитаны кораблей, скорее всего, попадали в ураганы и удерживались там, а затем неделями сражались с ними, пока их суда не разбивались вдребезги. Теперь "Указания по плаванию", которые являются руководством для моряка, позволяют ему, исходя из направления ветров и известных законов движения центра шторма, выйти из опасного положения, так что в большинстве случаев он может избежать катастрофы. Иначе обстоит дело с людьми, живущими на земле, по которой проносятся эти атмосферные потрясения. К счастью, там, где эти мощные вихри вторгаются на территорию континента, они быстро затухают из-за относительного недостатка влаги, которая стимулирует подъем, который их создает. Таким образом, в своих более жестоких формах ураганы ощущаются только вблизи моря и, как правило, на островах и полуостровах. Там ураганные ветры из-за стремительности своего движения, скорость которого часто достигает ста миль и более, наносят огромный ущерб всем препятствиям на своем пути. Создаваемое таким образом давление лишь менее разрушительно, чем то, которое вызывается торнадо, которые будут описаны далее.

Существует еще одно воздействие ураганов, которое еще более разрушительно для жизни, чем то, которое вызывается прямым действием ветра. В результате этих водоворотов в прилегающих районах моря возникают значительные перепады атмосферного давления. Результатом является внезапное повышение уровня одной части воды. Эти нарушения, когда прибрежные участки низменны и густо заселены, как в случае с западным побережьем Бенгальского залива, могут привести к наводнениям, которые ужасно разрушительны для жизни и имущества. Они известны также в южной Флориде и на островах Карибского бассейна, но в этом регионе не так часто наносят вред человечеству.

К счастью, ураганы распространяются только на очень небольшую часть тропического района. Они встречаются только в тех регионах, на восточных склонах тропических земель, где общее направление западных ветров способствует скоплению больших масс очень теплого и влажного воздуха у поверхности моря. Западная часть Мексиканского залива и Карибского бассейна, Бенгальский залив и юго-восточная часть Азии особенно подвержены их посещениям. Иногда они развиваются, хотя и с меньшей яростью, в других частях тропиков. На западном побережье Южной Америки и Африки, где океаны посещают ветры с суши и где воды охлаждаются течениями, приходящими с высоких широт, они неизвестны.

Лишь меньшие по величине, чем ураганы, круговые штормы, известные как циклоны. Они возникают на континентах, особенно там, где они представляют собой широкие равнины, мало прерываемые горными хребтами. Они особенно хорошо представлены в той части Северной Америки, которая находится к северу от Мексики и к югу от Гудзонова залива. Подобно ураганам, они, по-видимому, возникают из-за притока относительно теплого воздуха, поступающего в восходящий поток, который образовался в вышележащих, более прохладных частях атмосферы. Однако они гораздо менее энергичны и часто имеют больший размер, чем ураганный вихрь. Недостаток энергии, вероятно, связан со сравнительной сухостью воздуха. Большая ширина восходящего столба, возможно, может быть объяснена тем фактом, что, беря начало на значительной высоте над морем, они

имеют меньшую толщину воздуха для прорыва, и поэтому восходящий столб легко сделать широким.

Циклоны Северной Америки, по-видимому, обычно зарождаются в районе Скалистых гор, хотя вполне вероятно, что в некоторых случаях, возможно, во многих, восходящий поток воздуха, который вызывает шторм, зарождается в океане вдоль тихоокеанского побережья. Они накапливают энергию, спускаясь по огромной наклонной равнине, ведущей на восток от Скалистых гор к центральной части великой континентальной долины. Оттуда они движутся через всю страну к атлантическому побережью. Нередко они продолжают над океаном к европейскому континенту. Прохождение центра шторма на восток обусловлено преобладающим движением воздуха в его верхней части в восточном направлении по всей этой части северного полушария. Обычно в своем путешествии они несколько отклоняются к северо-востоку. Во всех случаях ветры, по-видимому, дуют по спирали в общий центр шторма. В центре шторма находится та же самая область затишья, которую мы заметили между пассатами и в середине диска урагана, хотя эта область менее очерчена, чем в других случаях, и поступательное движение шторма со значительной скоростью в большинстве случаев характерно для возмущения. Перед началом одного из таких штормов в Северной Америке ветры обычно начинаются с северо-востока, затем они изменяются с востока на юго-запад. На этой стадии движения центр шторма миновал, осадки обычно прекращаются, и дуют холодные сухие ветры, дующие с северо-запада. Это вызвано тем фактом, что восходящий воздух, достигнув высоты над землей, оседает позади бури, образуя антициклон или массу сухого воздуха, которая давит на отступающую сторону великого вихря.

Перед бурей теплый и, как правило, влажный относительно теплый воздух, прижимающийся к точке подъема и перекрываемый верхним холодным воздухом, приводится в состояние, когда он имеет тенденцию образовывать небольшие второстепенные шахты, поднимающиеся вверх, через которые он закручивается по тому же принципу, но с гораздо большей интенсивностью, чем основной восходящий столб. Причина силы этого движения заключается в том, что разница в температуре воздуха у поверхности и на высоте нескольких тысяч футов очень велика. Как и следовало ожидать, эти локальные вращения наиболее склонны происходить в сезон, когда воздух рядом с землей относительно теплый, и лучше всего они происходят в половине наступающего фронта, лежащей между востоком и югом, по той причине, что там, вероятно, сосуществуют самые высокие температуры и самая высокая влажность. В этой части поля в то время, когда шторм продвигается от Скалистых гор к Атлантике, может быть произведена дюжина или более таких вращающихся всплесков, хотя немногие из них, вероятно, будут большого размера или большой интенсивности.

Вторичные штормы циклонов, такие, как упомянутые выше, получают название торнадо. Они являются частыми и ужасными посетителями страны от северного Техаса, Флориды и Алабамы примерно до линии Великих озер; они редко развиваются в регионе к западу от центрального Канзаса и лишь изредка проявляют большую энергию в регионе к востоку от равнин долины Огайо. Хотя они известны в других странах, нигде, насколько позволяют наши наблюдения, они не проявляют такой пароксизмальной интенсивности, какую демонстрируют в центральной части Североамериканского континента. Там

воздух, на который они воздействуют, приобретает скорость движения и ярость действия, неизвестные ни при каких других атмосферных возмущениях, даже при ураганах.

Наблюдатель, у которого есть возможность наблюдать с выгодной позиции за развитием торнадо, замечает, что в относительно спокойном воздухе или, по крайней мере, в воздухе, не подверженном сильным ветрам — обычно в так называемом "душном" состоянии атмосферы — грозовые облака вдалеке начинают образовывать своего рода воронкообразную зависимость, которая постепенно расширяется, пока, кажется, не коснется земли. Поскольку облака низкие, этот растущий вниз столб, вероятно, ни в коем случае не наблюдается на высоте более трех-четырёх тысяч футов. По мере опускания воронки можно видеть, как облака над ней и вокруг нее начинают вращаться вокруг центра, и при благоприятных обстоятельствах в центре колышущегося столба можно заметить восходящий поток паров. По мере приближения вихря рев возмущения, который на расстоянии часто сравнивают со звуком, производимым молотилкой, или с отдаленной ружейной пальбой, становится все громче, пока не становится оглушительным. Когда шторм, подобный этому, обрушивается на здание, оно, скорее всего, не только будет разрушено силой ветра, но и может взорваться, например, от действия пороха, разожженного внутри его стен, из-за внезапного расширения содержащегося в нем воздуха. В центре колонны, хотя ее диаметр редко превышает несколько сотен футов, подъем происходит настолько быстро, что образуется частичный вакуум. Воздух, стремясь попасть в пространство, которое он стремится занять, вращается с такой скоростью, что центробежное движение, которое он таким образом приобретает, ограничивает его поступление. Таким образом, по мере быстрого перемещения столба может возникнуть разница в давлении, составляющая, вероятно, величину, которую показала бы ртуть барометра при падении на четыре или пять дюймов. Если сооружение не маленькое, а стены прочные, его крыша и боковины могут разлететься на части из-за такой разницы давления и последующего расширения содержащегося в них воздуха. В некоторых случаях, когда деревянные здания выдерживали это любопытное воздействие, наружные вагонки сдувались из-за расширения небольшого количества воздуха, содержащегося в промежутках между этим покрытием и планкой и штукатуркой внутри (см. Рис. 9).

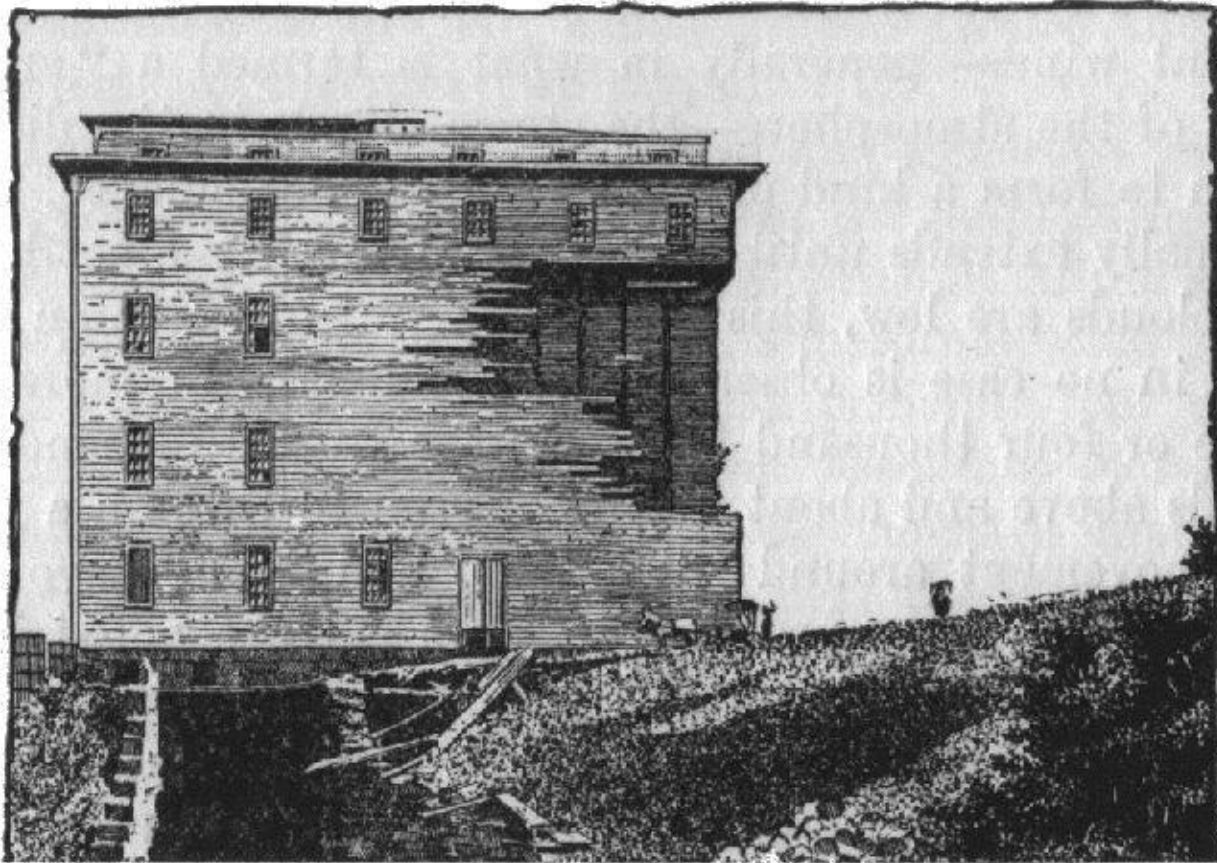


Рис. 9.—

Показан эффект расширения воздуха, содержащегося в полой стене, во время прохождения шторма.

Удара воздуха, вызванного его вращательным вращением, в нескольких случаях оказалось достаточно, чтобы сбросить тяжелый локомотив с рельсов хорошо построенной железной дороги. Во всех случаях, когда он интенсивный, он опрокидывает самые крепкие деревья. Поднимающийся ветер в центре столба может иногда поднимать тела людей и животных, а также ветви и стволы деревьев и деревянные конструкции домов на высоту сотен футов над поверхностью. Одно из самых ярких проявлений всасывающего действия торнадо проявляется в эффекте, который оно производит, когда пересекает небольшой слой воды. В некоторых случаях, когда в северо-западных штатах этой страны путь шторма пролегал над бассейном, вся вода из бассейна площадью в несколько акров была полностью унесена, оставив поверхность, по описанию наблюдателя, достаточно сухой, чтобы ее можно было вспахивать.

К счастью для интересов человека, а также низшей органической жизни, пути этих бурь или, по крайней мере, та часть их пути, где сила движения воздуха делает их очень разрушительными, часто не превышают пятисот футов в ширину и редко достигают полумили в диаметре. В большинстве случаев длина пути отдельного торнадо не превышает тридцати миль. Это редко, если вообще когда-либо, составляет вдвое большее расстояние.

Во всех отношениях, за исключением их небольшого размера и яростности, эти торнадо очень напоминают ураганы. Рядом с поверхностью находится такой же широкий

воздушный диск, спирально вращающийся к восходящему центру, где его движение быстро меняется с горизонтального на вертикальное направление. Энергия восходящего потока в обоих случаях увеличивается за счет энергии, высвобождающейся в результате конденсации воды, которая имеет тенденцию к дальнейшему нагреванию и, таким образом, расширению воздуха. Меньший размер торнадо может быть объяснен тем фактом, что в условиях их возникновения мы имеем относительно тонкий слой теплого, влажного воздуха рядом с землей и относительно очень холодный слой, непосредственно перекрывающий его. Таким образом, напряжение, которое служит началом движения, очень велико, хотя вовлеченные массы не очень велики. Короткая жизнь торнадо может быть объяснена тем фактом, что, хотя он, по-видимому, имеет тенденцию увеличиваться в ширину и энергии, центральный поток невелик и может быть нарушен движениями атмосферы, которые в передней части циклона во всех случаях нерегулярны.

В более теплых морях, но часто за пределами тропиков, часто можно наблюдать другой класс вращающихся штормов, известных как водяные смерчи. По общему виду эти воздушные вихри напоминают торнадо, за исключением того, что они во всех случаях меньше, чем эта группа вихрей. Как и в случае с торнадо, смерч начинается с воронки, которая спускается с неба на поверхность моря. Можно видеть, как пары поднимаются вверх по трубе с огромной скоростью, и все это выглядит как гигантский столб быстро вращающегося дыма. Говорят, что когда вихрь достигает воды, жидкость выплескивается в трубку в виде густых брызг, и этому утверждению, принимая во внимание ранее описанный факт воздействия торнадо на озеро, вполне можно поверить. Подобно торнадо и пылевым вихрям, жизнь водяного смерча кажется короткой. Они редко держатся дольше нескольких минут или пролетают над морем более двух-трех миль, прежде чем колонна, по-видимому, разрушается из-за некоторого колебания атмосферы. Поскольку эти своеобразные штормы могут повредить корабли, старомодные моряки привыкли стрелять по ним из пушек. Утверждалось, что выстрел разорвет трубу и положит конец небольшой конвульсии. В это, принимая во внимание тот факт, что они, по-видимому, легко разрушаются относительно незначительными воздушными потоками, можно легко поверить. Опасность, которую эти беспорядки несут кораблям, вероятно, не очень серьезна.

Особые атмосферные условия, которые приводят к образованию смерчей, малоизвестны; однако они, несомненно, включают теплый, влажный воздух у поверхности моря и холодный воздух над ним. Почему эти штормы никогда не достигают больших размеров или продолжительности, пока неизвестно. Эти возмущения наблюдались веками, но до сих пор их не наблюдали в научном смысле. Их живописность привлекает всех зрителей; интересно отметить тот факт, что, возможно, самое раннее описание их феномена — то, в котором в научном духе учитываются все особенности, которые они представляют, — было написано поэтом Камознсом в "Лузиаде", в которой он странным образом смешивает фантазию и наблюдение в своем рассказе о великом путешествии Васко да Гамы. Поэт даже отмечает, что вода, которая вытекает из разбитого носика, не соленая, а пресная — момент, который ясно доказывает, что небольшая часть воды, содержащейся в трубке, поступает из моря. На самом деле это водянистый пар, всасываемый из воздуха у поверхности океана и конденсирующийся при подъеме по трубе. В этом и других

описаниях природы Камюэнс проявляет больше научного духа, чем любой другой поэт своего времени. В этом отношении он был первым из современных писателей, сочетавшим духовное восхищение природой с некоторым пониманием ее научного значения.

При изучении атмосферы метеорологи основывают свои исследования в основном на изменениях веса этой среды, которые они определяют с помощью барометрических наблюдений. Фактически, наука о воздухе зародилась в замечательном наблюдении Паскаля за изменением высоты столбика ртути, содержащегося в изогнутой трубке, когда он поднимался на вулканическую вершину, известную как Пюи-де-Дом, в центральной Франции. Как отмечалось ранее, именно нарушениям веса воздуха, вызванным главным образом колебаниями температуры, мы обязаны всеми его течениями, и именно от этих ветров в наибольшей степени зависят особенности, которые мы называем климатом. Каждое движение ветров вызвано не только изменениями относительного веса воздуха в определенных точках, но и сами ветры, благодаря импульсу, который они придают воздуху, служат для изменения количества воздуха в различных частях земли, что наиболее отчетливо проявляется в барометрических колебаниях. Эти изменения чрезвычайно сложны; полный отчет о них потребовал бы места в этом томе. Однако некоторые факты следует представить здесь. Во-первых, мы отмечаем, что каждый день обычно существует определенный диапазон давления, из-за которого барометр находится на самом низком уровне примерно в четыре часа утра и четыре часа дня, а на самом высоком - примерно в десять часов в эти периоды дня. Предполагается, что это изменение связано с тем фактом, что пылинки в атмосфере ночью, охлаждаясь, конденсируют водяной пар на своих поверхностях, таким образом уменьшая объем воздуха. Когда восходит солнце, вода, испаренная теплом, возвращается из этих маленьких хранилищ в атмосферу. Вечером снова образуется конденсат; в то же время воздух имеет тенденцию дрейфовать из области на запад, где солнце все еще высоко, к области, где барометр был таким образом понижен; поток постепенно достигает определенной мощности и, таким образом, вызывает подъем барометра около десяти часов вечера.

В зимнее время, особенно на хорошо обособленном континенте Северная Америка, мы наблюдаем преобладающий высокий уровень барометра во внутренних районах страны и соответствующее низкое давление в Атлантическом океане. В летний сезон эти условия в целом меняются на противоположные.

Под тропиками, в поясе депрессии, есть зона низкого барометра, связанная с восходящими течениями, которые проходят вдоль этой линии. Это непрерывное проявление одного и того же действия, которое создает большую область дискообразной формы в центре или центре урагана и в средней части вихря торнадо. В целом, можно сказать, что вес воздуха наибольший в областях, из которых он дует к точкам выхода вверх, и наименьший в тех местах и около них, где сверхнаполненный воздух поднимается по временной или постоянной линии выхода. Другими словами, восходящий воздух обычно означает относительно низкий барометр, в то время как нисходящий воздух сопровождается большим давлением в поле, на которое он падает.

Почти в каждой части земли, подверженной влиянию определенной физиографии, мы обнаруживаем, что движение атмосферы рядом с поверхностью определяется условиями, с которыми она сталкивается. На самом деле, если бы человек обладал всеми знаниями, которые только можно получить о ветрах, он, вероятно, смог бы определить по карте место, где он мог бы случайно оказаться, при условии, что он мог бы расширить свои наблюдения на несколько лет. Другими словами, режим ветров — по крайней мере, поверхностного характера — почти так же характерен для местности, над которой они дуют, как карта страны. Из этих особых ветров был отмечен ряд наиболее важных, лишь на некоторые из которых мы можем обратить внимание. Первым среди них вполне могут быть сухопутные и морские бризы, которые наблюдаются на всех островах, не охваченных постоянными ветрами. Возможно, одним из наиболее характерных примеров таких альтернативных ветров является тот, который наблюдается на острове Ямайка.

Остров Ямайка так расположен в бассейне Карибского моря, что не испытывает на себе полного влияния торговли. В средней части острова находится гряда высоких гор. В дневное время поверхность земли, над которой дважды в год светит солнце и которая всегда подвергается почти вертикальному излучению, становится сильно горячей, так что образуется восходящий поток. Образованию этого течения способствуют горы, которые отдают часть тепла на высоте около мили над поверхностью моря. Это действие аналогично тому, которое мы замечаем, когда для создания тяги воздуха в дымоходе мы помещаем факел на некотором расстоянии над камином, таким образом уменьшая высоту столба воздуха, который необходимо привести в движение. Это подтверждается также тем фактом, что когда шахтеры пытались создать восходящий поток в шахте, чтобы направить чистый воздух в выработку через другие отверстия, они после большого опыта обнаружили, что лучше разводить огонь в верхней части шахты, а не в нижней.

Восходящее течение, возникающее на склонах гор Ямайки, вытесняет воздух с моря на относительно свободное пространство. К полудню течение, которому способствует некоторое количество конденсата водянистых паров, описанного выше, приобретает масштабы сильного ветра. Когда солнце начинает садиться, поверхность земли излучает свое тепло; излучению способствуют вытянутые поверхности растений, и происходит быстрое охлаждение. Между тем море из-за огромной теплоаккумулирующей способности воды охлаждается очень слабо, подъем воздуха прекращается, временная труба с восходящим потоком заменяется нисходящим потоком, и ветры дуют с суши до тех пор, пока снова не взойдет солнце, чтобы повернуть течение вспять. Во многих случаях эти движения ежедневных ветров, дующих на острова и с островов, вызывают определенное выпадение влаги в виде дождя. Однако, как правило, их действие заключается всего лишь в уменьшении температуры за счет попеременного притока потоков от относительно прохладного моря и из верхних слоев атмосферы, чтобы уменьшить в противном случае чрезмерную температуру полей, которые они пересекают.

Хотя характерные морские и сухопутные ветры характерны только для регионов с сильным солнечным нагревом, они заметны даже в высоких широтах в периоды длительного затишья при ясном небе. Так, автор отметил, что на острове Мартас-Винъярд в Массачусетсе, когда атмосфера была в таком состоянии, четко различались ночь и день, или море и суша, дули бризы в их регулярном чередовании. Ночью, когда преобладают

эти альтернативные ветры, в центральной части острова, на расстоянии трех миль от моря, удивительно холодно, причем низкая температура обусловлена нисходящим воздушным потоком. К той же физической причине можно отнести частые усиления морских ветров ближе к полудню вдоль континентальных берегов различных стран. Таким образом, вдоль побережья Новой Англии в летний сезон ясный, тихий, жаркий день, несомненно, приведет к созданию прилива воздуха, который проникает на несколько миль вглубь страны. Этот поток с моря входит в виде тонкого клина, и часто рядом с берегом, когда начинается движение, можно заметить разницу в десять градусов температуры между поверхностью земли, до которой доходит острие клина, и положением в воздухе на двадцать футов выше. Это прекрасный пример, сразу показывающий, как относительный вес атмосферы, даже когда различия незначительны, может вызывать движение, а также как массы атмосферы могут перемещаться мимо остальной среды или сквозь нее способом, который нам нелегко понять из наших наблюдений за прозрачной массой. Очень немногие люди имеют хоть какое-то представление о том, насколько общей является истина о том, что воздух, даже при постоянном ветре, имеет тенденцию перемещаться более или менее индивидуальными массами. Это, однако, становится очень очевидным, если понаблюдать за порывами шторма или блуждающими порывами ветра, которые тревожат поверхность в остальном спокойного моря.



Южный берег, Мартас-Винъярд, Массачусетс, с характерным песчаным пляжем с длинным склоном и невысокими дюнами. Обратите внимание на три линии бурунов и потоки брызг, прорезающие небольшие бухты в песке.

Среди известных местных ветров есть те, которые из-за своего сходства с Феном швейцарских долин получили это название. Фены образуются там, где поток воздуха, дующий на склон непрерывного горного хребта, поднимается на значительную высоту и,

перевалив через гребень, снова опускается до низкого положения. При его подъеме воздух охлаждается, разрежается и в значительной степени лишается влаги. При спуске он повторно конденсируется, и благодаря процессу, посредством которого его атомы собираются вместе, его скрытое тепло становится ощутимым. Поскольку в массе очень мало водянистого пара, это тепло не сильно требуется этой теплоаккумулирующей жидкости, и поэтому воздух прогревается. До сих пор фенские ветры были отмечены только как заметные особенности в Швейцарии и на восточном склоне Скалистых гор. В районе верховьев Миссури и к северу их влияние в виде так называемых чинукских ветров явно способствует улучшению сурового зимнего климата страны.

Почти во всех обширных пустынных регионах, особенно в типичной Сахаре, мы встречаем различные штормы, относящиеся к группе смерчей, которые, в силу природы страны, приобретают особые характеристики. Эти пустынные бури поднимают с лишенной зелени земли огромное количество песка и других мелких *обломков*, которые часто настолько затуманивают воздух, что в полдень наступает ночная тьма. Их вихри кажутся по размеру больше, чем те, которые вызывают торнадо или смерчи, но меньше, чем ураганы или циклоны. Однако о них известно мало. Они не были хорошо замечены метеорологами. В некотором смысле они важны по той причине, что они служат для переноса песка пустыни в регионы, ранее покрытые зеленью, и, таким образом, расширяют границы пустынных полей, на которых они произрастают. Там, где их сдувает в сторону моря, они уносят большое количество пыли в океан и, таким образом, изнашивают поверхность суши в регионах, где нет рек, которые могли бы осуществлять это нормальным образом.

Несмотря на быстрое движение, вызванное различиями в весе, движения воздуха оказали лишь незначительное прямое и непосредственное влияние на поверхность земли. Большая часть работы, которую он выполняет, как мы увидим далее, выполняется через воды, которые он толкает и несет по себе. Однако там, где ветры дуют над лишенными зелени поверхностями, эффект песка, который они подметают перед собой, часто бывает значительным. В районах засушливых гор ветры часто разносят песчаные шлейфы по долинам, где острые частицы режут камни почти так же эффективно, как это делали бы потоки воды, распределяя износ по ширине долины. Пыль, переносимая таким образом из пустынного региона, может, достигнув страны, покрытой растительностью, постепенно накапливаться на ее поверхности, образуя очень толстые отложения. Таким образом, на северо-западе Китая есть обширная территория, где скопления пыли, принесенные ветром из засушливых районов центральной Азии, постепенно накапливались в течение веков на глубину в тысячи футов, и это несмотря на то, что большая часть *обломков* постоянно уносится дождевыми водами по мере их продвижения к морю. Подобные скопления пыли встречаются и в других частях света, особенно в районах верхнего течения Миссисипи и в долинах Скалистых гор, но нигде они не бросаются в глаза так сильно, как в упомянутом выше регионе.

Там, где преобладающие ветры с моря, великих озер и даже крупных рек дуют на песчаные берега или утесы той же природы, большое количество песка и пыли часто уносится вглубь страны от береговой линии. В большинстве случаев эти переносимые ветром материалы принимают форму дюн или куч песка высотой от нескольких футов до

нескольких сотен футов. Характерной чертой этих песчаных холмов является то, что они перемещаются по поверхности страны. При благоприятных условиях они могут удаляться от берега на десятки миль. Марширование дюны осуществляется за счет скатывания песка с наветренной стороны возвышения, когда поток воздуха подталкивает его к гребню, где он попадает в подветренную зону или укрытие, которое холм создает для ветра. Таким образом, в течение дня центр дюны, если дует сильный ветер, может продвигнуться на ощутимое расстояние от того места, которое он занимал раньше. Урывками это может продолжаться бесконечно. Примечательным и живописным примером наступления большой дюны может служить случай, когда одна из них в прошлом столетии обрушилась на деревню Экклз на юго-востоке Англии. Надвигающийся песок постепенно проник в деревню и в течение десятилетия лишил жителей собственности, похоронив их дома. Со временем вершина церковного шпиля исчезла из виду, и на долгие годы после этого все следы деревни были потеряны. Однако в последние годы наступление песков обнажило церковный шпиль, и в течение следующего столетия это место может быть обнаружено на его первоначальном месте без изменений, за исключением того, что марширующий холм будет находиться с другой стороны.

В районе устья Бискайского залива количество этих маршевых песков настолько велико, что одно время они ставили под угрозу сельское хозяйство большого района. Французское правительство теперь преуспело, тщательно засадив поверхность страны травами и другими приправами, которые будут расти в таких местах, и контролируя перемещение материалов, переносимых ветром. Поступая таким образом, они просто ускорили процесс, с помощью которого Природа останавливает наступление дюн. По мере того как эти кучи расползаются прочь от моря, они обычно попадают в регионы, где процветает большее разнообразие растений; более того, песчинки в них разлагаются, так что они обеспечивают лучшую почву. Постепенно растительный покров сковывает их и со временем покрывает так, что только опытный глаз может распознать их истинную природу. Только в пустынных районах марш этих куч может продолжаться на большие расстояния.

Характерные дюны встречаются от точки к точке по всему атлантическому побережью от штата Мэн до северного побережья Флориды. Они также встречаются вдоль берегов наших Великих озер, будучи особенно хорошо развитыми на южной оконечности озера Мичиган, где они образуют, возможно, наиболее заметные скопления в пределах Соединенных Штатов.

Когда наносимые ветром пески вторгаются в лес и отложения быстро накапливаются, деревья часто оказываются погребенными в неповрежденном состоянии. В этом состоянии, при определенных химических реакциях, которые могут происходить в массе, древесное вещество склонно заменяться силексом, растворенным в песке, который проникает в ткани растений. Таким образом образуются засоленные леса, подобные тем, что встречаются в районе Скалистых гор, где стволы деревьев, ставшие теперь очень твердым камнем, настолько идеально сохраняют свою первоначальную структуру, что после огранки и полировки их можно использовать в декоративных целях. Как бы ни бросалась в глаза эта работа дюн, с геологической точки зрения она гораздо менее важна,

чем та, которую выполняет более мелкая пыль, которая переносится из одного региона суши в другой или в море. Из-за своего веса песчинки перемещаются по поверхности земли, за исключением тех случаев, когда они поднимаются вихревыми бурями. Таким образом, они не могут перемещаться очень быстро или далеко. Пыль, однако, поднимается в воздух и разносится на неопределенные расстояния. Таким образом, мы видим, как незначительные различия в весе веществ могут серьезно повлиять на условия их транспортировки.

СИСТЕМА ВОД.

Воздушная оболочка полностью окутывает землю и, хотя и различается по толщине, присутствует повсюду на ее поверхности. Воздушная оболочка вод распределена гораздо менее равномерно. Из-за своего веса он в основном собирается в глубинах земли, где залегает в расщелинах скал и в великом царстве морей. Лишь очень небольшая часть жидкости находится в атмосфере или на суше. Возможно, менее десяти тысячной части целого находится в любой момент времени на этом круге от морей по воздуху до суши и обратно в великий резервуар.

Огромные запасы воды на земле содержатся в двух различных областях — в океанах, где жидкость сконцентрирована в количестве, заполняющем примерно девять десятых впадин, образованных неровностями земной поверхности; и в горных породах, где она хранится в мелкодисперсной форме, частично между зернами каменистого вещества, а частично в веществе его кристаллов, где она существует в сочетании, точная природа которого не очень хорошо известна, но называется кристаллизационной водой. В среднем представляется вероятным, что материалы земли, будь то под водой или на суше, составляют несколько процентов от их массы жидкости.

Пока неизвестно, на какую глубину простирается водоносная часть земли; но, как мы увидим более подробно ниже, когда перейдем к рассмотрению вулканов, лавы, которые они выбрасывают на поверхность, полны содержащейся в них воды, которая выходит из них в виде пара. Очень высокая температура этих вулканических выбросов вынуждает нас предположить, что они происходят с большой глубины. Трудно поверить, что они происходят менее чем на глубине ста миль под поверхностью Земли. Таким образом, если горные породы содержат в среднем даже пять процентов воды на глубине ста миль, то количество жидкости, накопленной в недрах земли, больше, чем то, которое содержится в резервуаре океана. Глубина океанов в среднем не превышает трех миль; равномерно распределенные по поверхности всей земли, они были бы глубиной менее двух миль, в то время как вода в горных породах, если бы ее можно было добавить к морям, составила бы общую глубину в семь миль или более. Как мы отметим ниже, процессы образования пластов имеют тенденцию задерживать воду в пластах, которая со временем возвращается на поверхность земли силами, действующими внутри земной коры.

Хотя вода в морях, как мы видели, составляет, вероятно, менее половины запасов, которыми обладает земля, роль, которую она играет в экономике планеты, в высшей степени важна. Подземные воды действуют исключительно для того, чтобы способствовать определенным изменениям, происходящим в минеральном мире. Их воздействие, за исключением вулканических процессов, проявляется медленно и ограничено по своему действию. Движения этой скрытой воды чрезвычайно постепенны; силы, которые движут ее и заставляют выполнять свою работу, берут начало в земле. В морях жидкость обладает исключительной свободой движения; она может подчиняться различным импульсам, которые воздействует на нее солнечная энергия. Роль этих удивительных процессов, которые мы собираемся проследить, включает в себя почти все,

что происходит на поверхности планеты — то, что относится к развитию животной и растительной жизни, а также к обширным геологическим изменениям, которые претерпевает земля.

Если бы поверхность земли была равномерно покрыта водой на глубину десяти тысяч футов или более, каждая частица жидкости в определенной степени подчинялась бы притяжению солнца, Луны и, теоретически, также всех других тел в космосе, исходя из принципа, что каждая частица материи во Вселенной оказывает гравитационное воздействие друг на друга. Как бы то ни было, из-за разделенного состояния воды на поверхности земли, только та, что находится в океане и более крупных морях, проявляет какое-либо измеримое влияние этих отдаленных притяжений. На самом деле, только приливы, производимые Луной и солнцем, имеют определяемую величину, и из них луна имеет большее значение, причина в близком расположении нашего спутника к нашей собственной сфере. Солнечный прилив на четыре десятых больше лунного. Вода, несомненно, в некоторой степени подчиняется притяжению других небесных тел, но создаваемые таким образом движения слишком малы, чтобы их можно было различить; они теряются в огромном разнообразии влияний, которые воздействуют на всю материю на земле.

Хотя приливы и отливы возникают из-за притяжения солнечных тел, главным образом Луны, способ, которым достигается этот результат, несколько сложен. Это можно кратко и несколько неполно сформулировать следующим образом: из-за того факта, что сила притяжения земли примерно в восемьдесят раз больше, чем у Луны, центр тяжести двух тел находится внутри земли. Вокруг этого центра вращаются сферы, каждая из которых определенным образом вращается вокруг другой. В этот момент нет центробежного движения, возникающего в результате вращения пары сфер, но на стороне Земли, противоположной Луне, примерно в шести тысячах миль от нас, центробежная сила значительна и становится постоянно больше по мере удаления от точки поворота. В то же время притяжение Луны к воде становится меньше. Таким образом, образуется прилив, противоположный спутнику. На стороне, обращенной к Луне, действует то же центробежное действие, хотя и менее эффективное, чем в другом случае, по той причине, что точка поворота находится ближе к поверхности; но это действие усиливается большим притяжением Луны из-за того, что вода находится намного ближе к этому телу.

В существующих условиях земли то, что мы можем назвать нормальным течением приливов, сильно нарушено. Только в южном океане воды могут подчиняться лунному и солнечному притяжению каким-либо нормальным образом. В этой части земли различимы два набора приливов и отливов: один, более сильный, обусловлен Луной, другой, гораздо меньший, - солнцем. Поскольку эти приливы распространяются с разной скоростью, движения, которые они производят, иногда складываются друг с другом, а иногда и вычитаются, то есть иногда они сходятся вместе, в то время как высота одного из них снова падает в углублении другого. Еще раз предположим, что земля полностью покрыта океаном, расчеты показывают, что приливы в таком море представляли бы собой очень широкие волны, действительно имеющие диаметр в половину окружности земли. Те, что созданы Луной, будут иметь высоту около одного фута, а те, что созданы солнцем, - около трех дюймов. Геологические последствия этих колебаний были бы очень

незначительными; вода проходила бы по дну взад и вперед дважды в день, преодолевая максимум сто или два фута в каждую сторону от фиксированной точки. Это движение было бы настолько медленным, что не смогло бы взбаламутить мелкий осадок; возможно, его единственным воздействием было бы помочь накормить животных, которые были зафиксированы на дне, втягивая ртом питательную воду.

Хотя разделенное состояние океана нарушает действие приливов, так что, за исключением случайных случаев, их волны редко достигают своих центров, где их склонны создавать притягивающие тела, влияние этих разделений заключается в значительном усилении геологических или вызывающих изменения воздействий, возникающих в результате этих движений. Когда из южного океана начинаются приливы на север, поднимающиеся по заливам Атлантического, Тихого или Индийского океанов, их высота, как уже отмечалось, составляет, возможно, менее двух футов. По мере того, как они проходят вверх по сужающимся пространствам, волны сжимаются, то есть равный объем движущейся воды имеет меньше горизонтального пространства для своего прохождения и вынужден подниматься выше. Мы видим довольно хорошую иллюстрацию того же принципа, когда наблюдаем, как вызванная ветром волна входит в небольшое углубление на берегу, стороны которого сходятся в направлении движения. С уменьшением пространства волна набирает высоту. Таким образом, получается, что прилив во всем атлантическом бассейне намного выше, чем в южном океане. По тому же принципу, когда прилив набегают на берег, каждый прилив определенного вида, борта которого сходятся к верховью, собирает приливную волну, часто удивительным образом увеличивая ее высоту. Когда эти заливы имеют широкое устье и вытянутую треугольную форму с глубоким дном, приливы, высота которых на их внешних участках составляет десять или пятнадцать футов, могут достигать высоты сорока или пятидесяти футов в вершине треугольника.

Мы уже отмечали тот факт, что прилив, подобный тому, который протекает в южном океане, практически не оказывает влияния на морское дно, по которому он движется. По мере увеличения высоты замкнутых вод дальность их прохождения по дну при быстром приходе и уходе волны увеличивается. Когда они поднимаются на высоту десяти футов, они, вероятно, могут перемешивать более мелкий ил на дне океана, а на мелководье перемещать еще более тяжелые частицы. В заливах суши, где большой водоем, подобно чередующейся реке, разливается по обширным бассейнам, приливо-отливное действие становится интенсивным; течение может быть способно проноситься по крупным камням так же эффективно, как горный поток. Так, близ Истпорта, штат Мичиган, где максимальная высота приливов и отливов превышает двадцать футов, вода местами течет так быстро, что на определенных этапах движения она волнуется не меньше, чем на порогах реки Святого Лаврентия. На таких участках берега приливы выполняют важную работу по прокладыванию каналов в суше.

Вдоль берегов континентов в Северной Атлантике, где приливы и отливы действуют интенсивно, мы почти повсюду находим подводный шельф, простирающийся от берега с уклоном всего в пять-десять футов на милю по направлению к центру моря, пока не будет достигнута глубина около пятисот футов; с этой точки дно более круто опускается в глубину океана. Вполне вероятно, что большая часть материала, составляющего эти

континентальные шельфы, была перенесена на свое место под действием приливов. Каждый раз, когда приливная волна набегают на берег, она увлекает за собой более мелкие частицы наносов. Когда он выходит, то увлекает их за собой в обратный путь, к морским глубинам. Если бы эта полка была совершенно горизонтальной, два перемещения песчинок и ила были бы одинаковой длины; но поскольку движение происходит вверх и вниз по склону, частицы будут перемещаться дальше под действием импульса, который ведет их вниз, чем под действием того, который толкает их вверх. Результатом будет то, что частицы будут удаляться немного дальше от берега каждый раз, когда его будет раскачивать взад-вперед при переменном движении прилива.

Влияние приливо-отливных движений на развитие морской флоры и фауны очень велико. Это помогает животным, обитающим на дне глубоководных морей, получать необходимое количество пищи и свою долю кислорода, всасывая воду своим телом. Во всех регионах, посещаемых сильными приливами, на отмелях у берегов обычно густо растут морские водоросли, которые служат достаточным источником пищи для рыб и других форм животной жизни.

Исследователи, изучающие эти явления, полагают, что особый эффект, возникающий в результате действия приливов, заключается в замедлении вращения земли вокруг своей оси. Приливы и отливы вращаются вокруг земли с востока на запад, или, скорее, мы должны сказать, что твердая масса земли трется о них, когда она вращается с запада на восток. Когда они движутся по дну и ударяются о берега, этот толчок огромных волн имеет тенденцию в незначительной степени использовать первоначальный вращательный импульс, который вызывает вращение земли. Расчеты показывают, что величина этого действия должна постепенно увеличиваться настолько, чтобы удлиннять сутки, или время, затрачиваемое землей на совершение полного оборота вокруг полярной оси. Эффект должен быть достаточно велик, чтобы астрономы могли измерить его в течение тысячи лет. С другой стороны, записи древних затмений довольно четко показывают, что продолжительность дня не изменилась ни на секунду в течение трех тысяч лет. Это свидетельство не требует от нас отказа от предположения, что приливы и отливы имеют тенденцию уменьшать скорость вращения Земли. Более вероятно, что эффект уменьшения диаметра земли из-за постоянно продолжающейся потери тепла уравнивает влияние приливного трения. По мере уменьшения диаметра вращающегося тела масса имеет тенденцию вращаться быстрее; если она расширяется, то вращаться медленнее, при условии, что в каждом случае величина импульса, приводящего к вращению, остается неизменной. Это можно непосредственно наблюдать, вращая небольшой грузик, прикрепленный к бечевке, таким образом, чтобы шнур при каждом обороте обвивался вокруг пальца; следует отметить, что по мере укорачивания лески оборот совершается быстрее. Мы можем легко представить себе, что земля состоит из гирь, по существу подобных той, что использовалась в эксперименте, каждая из которых притягивается к центру под действием гравитационного напряжения, аналогичного тому, которое прикладывается к гирьке шнуром.

Тот факт, что дни остаются одинаковой продолжительности на протяжении огромных периодов времени, вероятно, объясняется этим балансом между эффектами приливов и отливов и теми, которые возникают в результате потери тепла — другими словами, мы

имеем здесь одно из тех тонких противовесов, которые служат для поддержания сбалансированных условий на поверхности земли среди великих конфликтов разнообразных энергий, действующих внутри сферы и на нее.

Следует понимать, что воздействие притяжения, вызывающего приливы, гораздо более обширно, чем это проявляется в движении моря. До тех пор, пока солнечная и планетарная сферы остаются текучими, в движении участвуют все их массы. Это следствие этого действия, как показывают расчеты профессора Дж. Джордж Дарвин показал, что Луна, когда-то находившаяся ближе к земле, чем в настоящее время, под странным действием приливной силы была оттеснена от центра нашей сферы, или, скорее, два тела отталкивали друг друга. Американский исследователь этой проблемы, мистер Т.Дж.Дж. Си, показал, что то же самое действие привело к тому, что двойные звезды приобрели чрезмерный эксцентриситет своих орбит.

Хотя эти недавние исследования приливного воздействия на небесную сферу имеют первостепенное значение для теории вселенной, поскольку они могут привести к изменениям в гипотезах о туманностях, они пока слишком неполны и, более того, слишком математичны, чтобы быть представленными в таком элементарном трактате, как этот.

Теперь мы обратимся к другому классу волн, которые имеют еще большее значение, чем волны приливов, — к волнам, которые образуются под действием ветра на поверхности воды. В то время как приливные волны ограничены открытым океаном, а также морями и заливами, которые предоставляют им свободный доступ, ветровые волны возникают везде, где вода подвергается трению проходящего над ней воздуха. В то время как приливные волны обрушиваются на берега всего дважды в день, ветровые волны обычного размера, накатывающие с океана, наносят свои удары с интервалом от трех до десяти секунд. Хотя приливные волны иногда в процессе собирания достигают высоты пятидесяти футов, их средняя высота в том месте, где они соприкасаются с берегом, вероятно, не намного превышает четырех футов; обычно они набегают мягко. Вполне вероятно, что в целом океанские волны, бьющиеся о побережье, имеют большую высоту.

Ветровые волны возникают и выполняют свою работу способом, который мы сейчас опишем. Когда воздух обдувает какую-либо сопротивляющуюся поверхность, он стремится, способом, который мы вряд ли можем позволить себе здесь описывать, создавать движения. Если частица свободна двигаться под действием импульса, который она передает, она увлекает ее за собой; если она связана вместе подобно большим массам, которые ветер не может перенести, он стремится приводить ее в движение переменным образом. Звуки наших музыкальных инструментов, создаваемые ветром, обусловлены этими переменными колебаниями, которые, как правило, создают все воздушные потоки. Золова арфа иллюстрирует действие, которое мы рассматриваем. При движении над материей, обладающей качествами, которые мы обозначаем термином "жидкость",

колебания, производимые воздухом, носят особый характер, хотя они во многом напоминают колебания струны скрипки. Поверхность жидкости поднимается и опускается в виде того, что мы называем волнами, размер которых определяется степенью текучести и энергией ветра. Таким образом, поскольку пресная вода значительно легче соленой, данный ветер будет создавать на данном расстоянии для распространения волн более сильные приливы в озере, чем в море. По этой причине волны во время сильного шторма, накатывающие на берег океана, из-за обширной акватории, над которой они набирают силу, по размерам намного превышают волны самых больших озер, которые не оставляют места для развития сильных волнений.

На первый взгляд кажется, что волна на воде указывает на то, что жидкость уносится ветром. Исследование, однако, показывает, что величина движения в направлении, в котором дует ветер, очень незначительна. Действительно, мы можем сказать, что существенная особенность волны обнаруживается в передаче импульса, а не в движении текучей материи. Полоска ковра при встряхивании создает по всей своей длине колебания, которые почти в точности напоминают волны на воде. Если мы представим себя помещенными в частицу воды, движущуюся на волне в открытом и глубоком море, мы можем представить себя перемещающимися по эллипсу, при каждом обороте возвращаясь почти по той же орбите. Время от времени, когда частица всплывала на поверхность, она испытывала легкий дрейф, который постоянное трение ветра создает на воде. Если бы волна, на которой совершалось путешествие, находилась в пассатах, где продолжительный, устойчивый ветер привел воду в движение на большие глубины, пройденная орбита продвигалась бы вперед с некоторой скоростью; там, где ветер был достаточно силен, чтобы сдувать верхушки волн, образуя белые шапки, продвижение частицы очень близко к поверхности было бы быстрым. Несмотря на эти поправки, каждую волну следует рассматривать как накопитель энергии, заставляющий воду сильно раскачиваться наподобие ковровой дорожки, и посредством раскачивания передающий энергию в направлении движения волны.

Скорость движения ветровых волн увеличивается с увеличением их высоты. Небольшие колебания распространяются со скоростью менее полумили в час. Большие волны глубин, когда их обдувают сильнейшие ветры, движутся со скоростью, которая, хотя и не определена точно, была оценена настоящим автором как превышающая сорок миль в час. Поскольку эти волны часто имеют длину поперек ветра в милю или более, ширину около восьмой части мили и высоту от тридцати пяти до сорока пяти футов, количество энергии, которую они передают, очень велико. Если бы его можно было эффективно применить к берегам таким же образом, как энергия взрывающегося пороха применяется при пушечном выстреле, сомнительно, смогли бы эти земли сохранить свое положение против нападений моря. Но ниже приведены причины, по которым океанские волны могут использовать лишь очень малую часть своей энергии для разрушения скал, о которые они ударяются на береговой линии.

Во-первых, мы должны отметить, что ветровые волны оказывают очень незначительное влияние на дно глубоководных районов. Если бы наблюдатель мог стоять на морском дне

на глубине мили ниже точки, над которой накатывались самые большие волны, он не смог бы невооруженным глазом заметить, что вода неспокойна. Ему действительно потребовались бы инструменты некоторой деликатности, чтобы обнаружить, что она вообще движется. Производя те же наблюдения на глубине тысячи футов, вполне возможно, что он заметил бы легкое покачивание в воде, достаточно ощутимое, чтобы повлиять на его тело. На глубине пятисот футов движения, вероятно, было бы достаточно, чтобы взбаламутить мелкий ил. На глубине двухсот футов скрежета волны о дно, несомненно, было бы достаточно, чтобы перемещать частицы крупного песка туда-сюда. На глубине ста футов течение было бы достаточно сильным, чтобы выбросить перед собой значительные камешки. Оттуда, вверх по склону, движущее действие становилось все более и более интенсивным, пока мы не достигли точки, где разбилась волна. Кроме того, следует отметить, что, хотя движение воды на дне глубоководья при прохождении волны над головой было бы колебательным, с каждым продвижением на мелководье и, как следствие, увеличением трения о дно поступательный элемент в движении быстро увеличивался бы. Вблизи береговой линии волны постоянно выталкивают обломок вверх по склонам континентального шельфа. Здесь мы должны отметить тот факт, что на этом шельфе волны играют роль, прямо противоположную роли приливов. Приливы, как мы уже отмечали, имеют тенденцию утаскивать частицы вниз по склону, в то время как волны катят их вверх по склону.

Поскольку волна, продвигаясь к берегу, обычно попадает в постоянно мелеющую воду, трение о дно постоянно увеличивается и служит для уменьшения энергии, которую содержит волна, и, следовательно, для уменьшения ее пропорций. Если бы это действие действовало само по себе, уменьшение, производимое трением, привело бы к тому, что волны прибоя, накатывающие на континентальный шельф, были бы очень низкими, вероятно, по высоте меньше половины той, которой они достигают сейчас. Однако на самом деле происходит воздействие, направленное на увеличение высоты волн за счет их ширины. Отмечая, что трение быстро возрастает с обмелением, легко видеть, что это сопротивление наибольшее на наступающем фронте волны и наименьшее на ее стороне, обращенной к морю. В результате передняя часть движется медленнее задней, так что волна вынуждена набирать высоту; если бы не тот факт, что полное трение, с которым сталкивается волна, отнимает большую часть ее импульса, мы могли бы иметь гребни высотой в сто футов, накатывающие на пологие берега, которые почти повсюду обращены к морю.

Поскольку волна сокращает свою ширину и увеличивается в относительной высоте, хотя и не в фактической, вводится другое действие, которое имеет важные последствия. Движение воды в нижней части волны значительно замедляется из-за ее трения о морское дно, в то время как верхняя часть волны подвергается такому воздействию в гораздо меньшей степени. В результате в определенной точке продвижения, место которой определяется глубиной, размером и скоростью волны, фронт быстро становится крутым, пока не становится вертикальным, а вершина устремляется вперед до точки, где ее больше не поддерживает подстилающая вода, когда она погружается вниз в так называемый прибой или бурун. В этой части работы волны применение энергии, которую она передает, разительно отличается от работы, проделанной ранее. Перед тем, как волна

разбивается, единственная геологическая задача, которую она выполняет, заключается в выталкивании материалов вверх по склону, при этом они слегка перемалываются друг о друга, пока не окажутся в зоне воздействия на берег, где они могут быть дополнительно разделены под действием работающей мельницы.

Когда волна разбивается о берег, она действует следующим образом: сначала при переворачивании ее гребня на берег обрушивается огромная масса воды, которая может быть с высоты десяти или более футов. Таким образом, падающая вода обладает не только силой, обусловленной ее падением с вершины волны, но и долей импульса, обусловленного скоростью, с которой волна ударялась о берег. Одним словом, это действует подобно молотку, обрушиваемому сильной рукой, где удар представляет собой не только силу, с которой груз упал бы сам по себе, но и движущую силу мышц человека. Любой, кто подставит свое тело под этот удар прибоя, поймет, насколько он силен; он может, если берег галечный, заметить, как он разбрасывает камни; осколки размером с человеческую голову могут быть отброшены ударом на расстояние двадцати футов или более; осколки размером с кулак могут быть выброшены далеко за пределы волны. Этот удар настолько силен, что иногда его звук можно услышать в десяти милях от берега, где он наносится.

Продвигаясь вверх по склону пологого пляжа, фрагменты волны, вероятно, будут иметь достаточный объем, чтобы позволить им вновь собраться во вторичный прилив, который, как и первый, хотя и намного меньший, снова поднимается стеной, образуя еще один бурун. При благоприятных условиях можно увидеть целых четыре или пять таких последовательно уменьшающихся линий прибоя. Автор настоящего письма видел в некоторых случаях до дюжины участников великой процессии, самый нижний и внутренний из которых достигал всего нескольких дюймов в высоту, а самый внешний - около двадцати футов.

Наряду с прямым воздействием прибоя происходит движение взад-вперед из-за того, что вода на пляже поднимается и опускается. Этот всплеск затрагивает не только разбитую часть волн, но и всю воду между внешним буруном и берегом. Эти колебания в полосе прибоя часто раскачивают *обломки* на внутренней окраине на расстояние ста футов и более, причем движение происходит с большой скоростью, затрагивая гальку на глубину нескольких дюймов и сильно скрежеща обломками друг о друга. Прислушиваясь к шуму шторма, мы можем на галечном пляже отчетливо услышать звук нисходящего удара, грохот падающих камней.

Поскольку волны относятся к числу интересных явлений в мире, частично из-за их живучести, а частично из-за их непосредственного и часто чрезмерного интереса к человеку, мы можем здесь отметить одну или две особые особенности в их действии. Во-первых, как легко может понять читатель, получивший представление об изменениях в форме действия, удары волн о берег преобразуют энергию, которой они обладают, в тепло. Вероятно, это нагревает воду во время сильных штормов, так что мы можем вручную заметить разницу в температуре у береговой линии и в открытых водах. Эта относительная теплота прибойной воды, возможно, имеет определенное значение для

ограничения образования льда вдоль береговой линии; это также может способствовать защите прибрежных обитателей от сильных холодов зимнего сезона.

Волны, которые последовательно набегают на берег в любой момент времени, особенно если на побережье дует сильный ветер, обычно примерно одинакового размера. Однако, когда во время затишья старое море, как его называют, накатывает, волны могут иногда претерпевать очень большие колебания по величине. Нередко эти случайные волны достаточно велики, чтобы захлестнуть людей, находящихся на прибрежных скалах. Эти более сильные волны, вероятно, следует объяснять тем фактом, что в открытом море волны, создаваемые ветрами, дующими в разных направлениях, могут продолжать свой бег с различными курсами и интервалами, пока не приблизятся к берегу. Объединяясь, очень хорошо получается, что два всплеска, принадлежащие к разным наборам, могут объединить свои силы, таким образом удваивая волну. Очевидно, что опасность, которую несут эти соединенные волны, наибольшая на скалистых берегах, где из-за глубины воды волны не разбиваются, пока не ударятся о кручу.

Рассмотрев в общих чертах действие волн, когда они накатывают на берег, унося с собой солнечную энергию, которая была передана им ветрами, мы теперь рассмотрим несколько подробностей работы, которая ведется вдоль береговой линии, — работу, которая в основном выполняется за счет воздействия волн.

На большинстве береговых линий наблюдатель легко замечает, что берег разделен на два различных типа поверхностей — те, где внутренняя граница охваченного волнами пояса упирается в скалистые обрывы, и те, которые окаймлены полосой, полностью состоящей из материалов, выброшенных волнами. Для удобства их можно назвать скалистыми берегами и берегами-стенами-пляжами. Мы начнем наше исследование со скалистых берегов, поскольку на этих участках береговой линии море выполняет свою наиболее характерную и важную работу по нападению на сушу. Если у ученика есть возможность приблизиться к группе утесов из твердых пород во время сильного шторма, когда волны где-то достигают максимальной высоты, он должен искать какой-нибудь мыс, который может предложить ему безопасную точку опоры, откуда он может наблюдать за происходящими движениями. Если ему настолько повезет, что он увидит, а это вполне может быть так, утесы, которые уходят вниз, в глубокую воду, и другие, которые окаймлены грубыми и обычно круто идущими берегами, покрытыми большими камнями, он может заметить, что волны набегают на утесы, которые погружаются в глубокую воду, не принимая формы буруна. В этом случае волна наносит лишь умеренный удар; волна не сильно разбита. Часть, следующая за скалой, может вздыматься тонким слоем на значительную высоту; очевидно, что, хотя продолжающаяся волна оказывает значительное давление на обрыв, она не передает свою энергию в эффективной форме удара, как при опрокидывании волны, или в последующем приливе воды вверх по пляжному склону. Легко понять, что прочные скалистые утесы, у подножия которых нет пляжей, могут почти бесконечно противостоять нападениям. На крутом и каменистом

пляже, из-за его относительно большого уклона, бурун образуется далеко, и даже при первом погружении он часто достигает основания обрыва. Удар при обрушении, так же как и при натиске, перемещает камни большого размера; те, что трех футов или более в диаметре, часто отбрасываются от воздействия на основание крутых, разящих ударов, резкую ноту которых часто можно услышать на фоне общего рева, который производит суматоха. Игольчатые скалы, образующие островки, стоящие на некотором расстоянии от берега, такие, какие часто встречаются вдоль скалистых побережий, исключительно защищены от действия сильных волн. Волны, которые обрушиваются на них, не вооружены камнями, а вода у их основания настолько глубока, что она не колеблется при движении с достаточной энергией, чтобы сдвинуть их со дна. Там, где утес находится в таком состоянии, он может сохраняться до тех пор, пока возвышение береговой линии не приблизит его основание к уровню моря или пока в процессе разрушения не отделится достаточное количество камня, чтобы образовалась осыпь или наклонная плоскость, достигающая уровня воды.

Как отмечалось ранее, именно наличие пологого пляжа, достигающего примерно до основания утеса, позволяет волнам бить по нему молотком, а не мягкой рукой. Ударяясь о основание утеса, волны прорезают складку вдоль полосы, на которую они обрушиваются, которая постепенно углубляется настолько, что нависающая скала обрушивается под действием собственного веса. Обломки, доставленные таким образом в море, в свою очередь дробятся и используются в качестве орудий для нанесения ударов до тех пор, пока они не разлетятся на куски. Мы можем отметить, что за несколько месяцев тяжелой погоды все камни такого падения превратились в грубо сферические формы. Наблюдения, проведенные на восточном склоне Кейп-Энн, штат Массачусетс, где уровень волнения лишь умеренно высок, показывают, что штормы одной зимы придают обломкам, выброшенным в море из гранитных карьеров, сфероидальную форму, при этом более половины их веса обычно удаляется в виде песка и мелкой гальки, которые были стерты с их поверхности.

Мы можем лучше всего оценить эффект разрушающего воздействия, которое море оказывает на скалы, отметив точки, где из-за некоторых случайных особенностей структуры скалы оно оказалось наиболее эффективным. Там, где стык или дамба, или, возможно, более мягкий слой, если уложены камни, приводит к более быстрому износу, волны вскоре выкапывают углубление, в котором галька удерживается, за исключением штормовой погоды, в неподвижном состоянии. Когда волны сильные, эти камни находятся в непрерывном движении, отступая по мере отката волны и устремляясь вперед вместе с ее импульсом, пока не ударятся о твердую скалу в конце пропасти. Таким образом, они могут проложить просеку длиной в сто футов или более от края пропасти. В большинстве случаев крыши над этими морскими пещерами обваливаются, так что сооружение известно как пропасть. Иногда эти крыши остаются, и в этом случае по той причине, что пол выемки наклонен вверх, на их верхнем конце делается отверстие для выхода на поверхность, образующее то, что в Новой Англии называется "фонтанирующим рожком"; с внутреннего конца туннеля брызги могут выбрасываться далеко в воздух. Пока пещера закрыта с этого внутреннего конца и не настолько высока, чтобы ее не могла захлестнуть сильная волна, набегающая водасжимает воздух в задней части отверстия.

Когда волна начинает отступать, этот воздух вырывается наружу, посылая перед собой порыв брызг, действие, напоминающее выстрел огромной пушки с фаса укрепления. Часто бывает, что две сходящиеся пропасти отделяют скалу от обрыва. Затем понижение берега может привести массу к образованию столбчатых островов, подобных тем, что в изобилии встречаются на Гебридских островах и вдоль различных других берегов.

Если скалистый берег быстро отступает, его можно вдавить обратно в берег, и его поверхность примет форму изгиба небольшой бухты. С каждым шагом этого изменения дно обязательно становится более мелким, так что волны теряют все больше и больше своей энергии при трении о дно. Более того, при входе в бухту трение, с которым сталкиваются волны, набегаая на борта, больше, чем то, с которым они сталкиваются, набегаая на мыс или прямой берег. В результате при отступлении крутизны внутрь он попадает в условия, которые снижают эффективность волнового удара. Залив также склонен задерживать обломки и поэтому со временем образует пляж у подножия утеса, над которым волны редко способны набегать с такой энергией, которая позволит им эффективно ударяться о стену. Сделав этот набросок условий скалистого берега, мы теперь рассмотрим судьбу обломков скалы, которые волны нанесли на этот участок прибрежной суши.

Наблюдая за обрывистыми скалами, омываемыми морем, студент легко замечает, что с большинства обрывистых берегов было удалено большое количество скалистого материала. Нередко можно показать, что такие поверхности моря отступили на несколько миль. Теперь возникает вопрос, что происходит с веществом, которое было разрушено действием волны? В какой-то части порода, измельченная в результате дробления, которому ее подвергают, растворилась в воде. Однако, вероятно, девяносто процентов его сохраняет видимое состояние, и его судьба определяется размером фрагментов, из которых он состоит. Если они мелкодисперсные, как ил, так что могут плавать в воде, их легко уносит течением, которое всегда возникает вдоль охваченного штормом берега, особенно подводным течением, или донным выступом — "морской кошкой", как его иногда называют, — которая прокатывается по дну от каждого берега, о который волны образуют прибой. Если они такие же крупные, как песчинки или даже очень мелкая галька, то, скорее всего, будут вытянуты наружу и перекатятся по дну на неопределенное расстояние от кромки моря. Однако более крупные камни либо остаются у подножия утеса, пока их не разобьют на куски, либо их везут вдоль берега, пока они не найдут какое-нибудь углубление, в которое войдут. Путешествие таких обломков может, когда ветер дует наискось к берегу, продолжаться на протяжении многих миль; волны, бегущие вместе с ветром, гоняют обломки в колеблющихся движениях вверх и вниз по пляжу, иногда со скоростью мили или более в день. Эффект этого действия часто можно увидеть там, где судно, груженное кирпичом или углем, терпит крушение у берега. Через месяц фрагменты материалов могут быть растянуты на расстояние многих миль по обе стороны от места, где груз сошел на берег. Попадая в залив достаточно глубоко, чтобы ограничить их дальнейшее путешествие, обломки скалы образуют валунный пляж, где они перекатываются туда-сюда всякий раз, когда на них налетают сильные волны. Большая их часть остается в этой мельнице до тех пор, пока не будет измельчена до состояния песка и грязи. Время от времени один из обломков подбрасывается волнами за пределы

достижимости и прикрепляется к стене пляжа. Во время очень сильных штормов эта галька, выброшенная вглубь суши, может достигать многих тонн на каждую милю берега.

Изучение галечного пляжа, протянувшегося от гребня до глубокой воды снаружи, даст представление об истории его создания. На каждом из рогов полумесяца, с помощью которого камешки попадают в карман, мы находим самые крупные фрагменты. Если берег залива длинный, то в самой внутренней части углубления может быть только очень мелкая галька или, возможно, только мелкий песок, поскольку более грубый материал был изношен в пути. На дне залива, ближе к отливу, мы начинаем находить немного песка, образующегося в результате измельчения. Еще дальше, ниже отметки прилива, обычно находится слой ила, который представляет собой более тонкие продукты мельницы.

Пляжи с валунами так быстро реагируют на каждое незначительное изменение условий, которые на них влияют, что кажутся почти живыми. Если по какой-либо случайности количество детрита увеличивается, он засыпается между рогами, уменьшает изгиб залива и, таким образом, делает его пляж более подверженным сильным волнам. С другой стороны, если подача крупы на мельницу уменьшается, берег становится более глубоким, и воздействие волн пропорционально уменьшается. В целом мы можем сказать, что изгиб этих пляжей представляет собой баланс между потреблением и поставкой гальки, которую они измельчают. Запас гальки, приносимой волнами на берег, во многих случаях значительно увеличивается благодаря любопытному действию морских водорослей. Если дно воды у побережья покрыто этими фрагментами, как это имеет место вдоль многих береговых линий в старых оледенелых районах, споры водорослей склонны укореняться на них. Закрепляясь в этих положениях и разрастаясь вверх, морские водоросли могут достигать значительных размеров. Будучи снабженным поплавками, растение оказывает определенную подъемную силу на камень, и, наконец, тянущее воздействие волн на листья может оторвать фрагменты от дна, позволяя им свободно перемещаться к берегу. Наблюдая с близкого расстояния прямую стену волны во время сильного шторма, автор настоящего снимка видел за один раз до дюжины таких камней растительного происхождения, иногда шести дюймов в диаметре, висевших на поверхности воды, когда она была готова опрокинуться. Как только они ударяются о прибитую волнами часть берега, эти камни склонны отделяться от растений, хотя мы часто можем заметить остатки или отпечатки насадок, прилипших к поверхности скалы. Там, где у берега много гальки, в результате этого процесса завоза морских водорослей может образоваться каменистый пляж без какого-либо притока воды волнами вдоль береговой линии.

Возвращаясь к песчаным пляжам, мы вступаем в самую интересную область соприкосновения морей и суши. Вероятно, девять десятых всех береговых линий открытого океана сформированы из песчаникового материала. Как правило, песок состоит из мелкоизмельченных кристаллов кремнезема или кварца. Эти кусочки обычно отчетливо огранены; они редко имеют сферическую форму. Скопления песка не только окаймляют большую часть береговой линии, но и защищают сушу от набегов моря, и это происходит следующим любопытным образом: когда прибрежные волны бьют гальку друг о друга, она быстро изнашивается; мы можем слышать звук изнашивания, когда волна ходит взад и вперед. Мы часто можем видеть, что вода обесцвечена илом или

каменной крошкой. Однако, когда волны набегают на песчаный берег, они издают лишь приглушенный звук и не оставляют грязи. На самом деле частицы песка не соприкасаются друг с другом, когда на них наносится удар. Между ними лежит тонкая пленка воды, втягиваемая под действием притяжения, известного как капиллярность, которая всасывает жидкость в губку или между стеклянными пластинами, расположенными близко друг к другу. Набегающие волны слегка сжимают эту капиллярную воду, но грани зерен находятся на расстоянии друг от друга, поскольку можно наблюдать, что листы стекла не соприкасаются, когда между ними находится вода. Если читатель хочет убедиться в состоянии песчинок и воды, которая находится между ними, он может сделать это, надавив ногой на мокрый пляж, который только что покинула волна. Он заметит, что она белеет и немного опускается под давлением, но в значительной степени возвращается к своей первоначальной форме, когда ступню поднимают. В ходе эксперимента он оттолкнул часть содержащейся в нем воды, но не собрал зерна вместе; они не издают того звука, который он часто слышит, когда песок сухой. В результате песок на морском берегу может больше изнашиваться при прохождении расстояния вмилю по сухой песчаной дюне, чем при прохождении сотен километров по мокрому берегу.

Если бы скальное вещество в состоянии песка разрушалось под действием нагревания волн так же быстро, как это происходит в состоянии гальки, континенты, несомненно, были бы намного меньше, чем они есть на самом деле. Те побережья, которые не имеют другой защиты, кроме низкого песчаного пляжа, часто лучше защищены от набегов моря, чем скалистые части континентов. Именно из-за этой замечательной стойкости песка к действию волн слоистые породы, из которых состоит земная кора, такие толстые и в такой степени состоят из песчинок.

Тенденция *образования* обломков вдоль береговой линии заключается в том, чтобы заполнить неровности, которые обычно там существуют; срезать мысы, закрыть заливы и гавани и в целом свести берега к прямым линиям. Там, где прилив имеет доступ к этим входам, он постоянно работает над тем, чтобы вытаскивать обломки, наносимые волнами, и заталкивать их в углубления. Эти два действия конкурируют друг с другом и определяют условия береговой линии, независимо от того, предоставляют ли они порты для торговли или закрыты песчаными отмелями, как и многие береговые линии, которые не подвержены приливам, например, в Северной Африке, которая обращена к Средиземному морю, почти не подверженному приливам. То же самое происходит и с пресноводными озерами; даже самые большие из них часто совершенно лишены укрытий, которые могли бы пригодиться судам, и это потому, что здесь нет приливов, которые удерживали бы бухты и гавани открытыми.

ОКЕАНСКИЕ ТЕЧЕНИЯ.

Система океанских течений, хотя и отличается большой сложностью в деталях, в основном и первично зависит от действия постоянных воздушных потоков, известных как пассаты. Используя дыхание губами над бассейном с водой, мы можем легко провести эксперимент, который в общих чертах показывает метод, с помощью которого ветры вызывают циркуляцию моря. Дую на поверхность воды в бассейне, мы обнаруживаем, что даже этот легкий импульс сразу приводит верхнюю часть в движение, причем движение бывает двух видов — возникают пульсирующие движения или волны, и в то же время трение воздуха о поверхность заставляет его верхнюю часть скользить по нижней. С помощью маленьких поплавков мы можем вкратце заметить, что образующийся поток проходит к дальней стороне судна, там разделяется и возвращается к точке начала, образуя двойной круг или, скорее, два эллипса, более длинные стороны которых параллельны линии воздушного потока. Присмотревшись повнимательнее, чтобы лучше видеть частицы, плавающие на различных расстояниях под поверхностью, мы отмечаем тот факт, что движение, которое сначала было передано поверхности, постепенно распространяется вниз, пока не затронет воду на глубину в несколько дюймов.

В поясе пассатов океанские воды на глубине нескольких сотен футов приходят в непрерывное движение в том направлении, в котором их подгоняют эти ветры. Это движение наиболее быстрое у поверхности и вблизи тропиков. В воде оно уменьшается вниз, а также к полярным сторонам районов пассатов. Таким образом, пассаты создают в море два широких, медленных, глубоководных течения, текущих в северном полушарии на юго-запад и в южном полушарии на северо-запад. Падая друг на друга под углом, эти широкие потоки встречаются примерно в середине тропического пояса. Здесь, как уже отмечалось, воздух пассатов покидает поверхность и поднимается вверх. Воды, удерживаемые на своем уровне, образуют течение, которое движется на запад. Если бы земля в пределах тропиков была покрыта универсальным морем, результатом этого движения было бы возникновение течения, которое, протекая под экватором, опоясывало бы сферу.

С опоясывающим экваториальным течением из-за сильной жары тропиков и экстремального холода на параллелях за сороковым градусом широты земля была бы практически непригодна для жизни человека и вряд ли для каких-либо форм жизни. На его поверхность обрушились бы свирепые ветры, вызванные очень большими перепадами температур, которые тогда преобладали бы. Однако из-за барьеров, которые континенты воздвигают движениям этих наветренных тропических течений, вся вода, которую они несут, ударяясь о противоположные берега, отклоняется вправо и влево, как это было с потоком в эксперименте с бассейном и дыханием, разделенные течения ищут пути к высоким широтам, перенося свои запасы тепла в приполярные страны. Этот перенос температуры настолько эффективен, что очень большая часть тепла, поступающего в воды тропического региона, забирается с этого участка земной поверхности и распределяется по областям моря и суши, которые лежат за пределами вертикальной оси солнца. Таким образом, Гольфстрим, северная ветвь атлантического

тропического течения, впадая в Северную Атлантику, вносит в температуру региона за Полярным кругом больше тепла, чем фактически поступает в этот район за счет прямого притока солнца.

Приведенные выше утверждения относительно климатического воздействия океанских течений показывают нам, насколько важно получить достаточное представление о том, как эти течения движутся сейчас, и о том, что мы можем узнать об их истории на протяжении геологических эпох. Эта задача пока не может быть выполнена должным образом. Морские просторы еще слишком недостаточно исследованы, чтобы предоставить нам все факты, необходимые для понимания всей истории. Только в случае нашего Гольфстрима мы можем составить полное представление о путешествии, которое претерпевают воды, и последствиях их движения. В случае с этим течением наблюдения ясно показывают, что оно возникает в месте соединения вблизи экваториальной линии широкого потока, создаваемого двумя поясами пассатов. Соединяясь на экваторе, они создают западное течение шириной в несколько сотен миль и глубиной в несколько сотен футов. Его скорость несколько превышает милю в час. Центр течения, из-за большей силы северного течения по сравнению с южным, находится значительно южнее экватора. Когда этот огромный медленно текущий поток подходит к побережью Южной Америки, он сталкивается с выступающим выступом той суши, которая заканчивается у мыса Сан-Рок. Там он разделяется, подобно течению на носу стоящего на якоре корабля, часть — скорее, больше половины — потока поворачивает на север, остальная часть направляется к южному полюсу; эта северная часть становится тем, что впоследствии стало известно как Гольфстрим, историю которого мы сейчас кратко проследим.

Протекая у северо-западного побережья Южной Америки, северная часть тропического течения, прижимаемая пассатами к суше, сужается и поэтому сразу приобретает более быстрое течение, причем повышенная скорость обусловлена условиями, подобными тем, которые увеличивают скорость воды, текущей через шланг, когда дело доходит до сужения форсунки. Достигнув линии юго-восточных или Малых Антильских островов, часто известных как Наветренные острова, часть этого течения проходит через промежутки между этими островами и входит в Мексиканский залив. Другая часть, не найдя достаточного места в этих проходах, огибает Антильские острова с их восточной и северной сторон, проходит мимо Багамских островов и между ними, чтобы там воссоединиться с той частью течения, которая впадала в Карибское море. Эта карибская часть прилива широко распространяется в этом обширном море, снова сужается между Кубой и Юкатаном, снова расширяется в Мексиканском заливе и, наконец, изливается через Флоридский пролив в виде потока шириной в сорок или пятьдесят миль, глубиной в тысячу футов или более и скоростью от трех до пяти миль в час, превышающего по своей скорости средний показатель величайших рек и несущего больше воды, чем все сухопутные потоки земли. На этом участке своего течения глубокий и быстрый поток из Мексиканского залива, впоследствии получивший название Гольфстрим, получает влияние более медленных и мелководных течений, которые огибают Антильские острова с восточной стороны. Затем соединенные воды движутся на север, поворачивая на восток, сначала как быстрая морская река, имеющая ширину менее ста миль и большую глубину; с каждым шагом к полюсу этот поток расширяется, пропорционально уменьшаясь в

глубине; скорость его течения уменьшается по мере потери первоначального импульса, а сбивающие с толку ветры нерегулярно перемещают его поверхностные воды взад и вперед. Там, где он проходит мыс Гаттерас, он уже потерял значительную долю своего импульса и большую часть своего тепла и значительно расширился.

Хотя течение Гольфстрима становится более слабым по мере продвижения на север, оно еще очень долго сохраняет свои отличия от морских вод, через которые оно протекает. Плывая на восток от устья Чесапика, мореплаватель часто может наблюдать момент, когда он входит в воды этого течения. Это заметно не только по температуре, но и по оттенку моря. К северу от этой линии резкость разделительной стены становится менее отчетливой, поток широко разливается по поверхности Атлантики, однако его термометрические эффекты отчетливо прослеживаются в Исландии и на Новой Земле, а тропический сплав, который он несет, обеспечивает жителей одноименного острова основным запасом древесины. Достигнув этого циркумполярного царства и, наконец, утратив импульс, который его нес, вода Гольфстрима частично возвращается на юг в виде относительно небольшого течения, которое несет жидкость вдоль побережья Европы, пока она снова не войдет в систему тропических ветров и создаваемых ими течений. Большая часть застаивается в циркумполярном регионе, со временем медленно возвращаясь в тропический район способом, который будет описан позже. Хотя Гольфстрим в районе к северу от мыса Гаттерас настолько неясен, что его присутствие не было отчетливо распознано до тех пор, пока факты не были подвергнуты пристальному наблюдению Бенджамина Франклина, его влияние на климат настолько велико, что мы должны приписать его действию пригодность северной Европы для использования цивилизованным человеком. Если бы не жара, которую этот поток приносит в Северную Атлантику, Великобритания была бы такой же стерильной, как Лабрадор, а скандинавский регион, колыбель нашей расы, таким же необитаемым, как самые суровые районы Сибири.

Примечательно, что, когда экваториальное течение разделяется на континентах, против которых оно течет, отдельные потоки, хотя они могут следовать вдоль берегов на определенное расстояние к полюсам, вскоре расходятся от них, подобно тому, как Гольфстрим течет в сторону моря от восточного побережья Соединенных Штатов. Причину этого движения легко найти в том же принципе, который объясняет косой поток сделок и встречных сделок при их движении к экваториальному поясу и обратно. Частица воды под экватором, хотя и течет на запад, в силу вращения Земли движется на восток со скоростью тысячи миль в час. Начиная с полюсов, частица постоянно попадает в районы моря, где жидкость имеет меньшее движение на восток из-за вращения земли вокруг своей оси. Следовательно, движущаяся вода под действием своего импульса стремится уйти в восточном направлении. Достигая высоких широт и теряя свой импульс, она остается в этом царстве достаточно долго, чтобы остыть.

Мы уже отмечали тот факт, что только часть вод, направляемых на север Гольфстримом и другими течениями, которые текут от экватора к полюсам, возвращается поверхностным потоком, который направляется к экватору вдоль восточной стороны бассейнов. Большая часть прилива влияет на обратный путь другими способами. Некоторая часть этого остатка перемещается к экватору в местных холодных потоках, таких как тот, который изливается через пролив Дэвиса в Баффинов залив, протекая под водами Гольфстрима на неизвестное расстояние в сторону тропиков. Есть несколько из этих местных пока еще мало известен ручьев, которые, несомненно, принесут определенное количество вения между полярными регионами и тропических районах. Однако их эффект, вероятно, невелик по сравнению с тем массивным дрейфом, который мы сейчас должны отметить.

Тропические воды, когда они достигают высоких широт, постоянно охлаждаются и перекрываются более теплыми приливами, и, таким образом, опускаются все ниже и ниже в море. Когда они начинают опускаться вниз, их температура, как показывают наблюдения, ненамного превышает точку замерзания соленой воды. Они не застывают по той причине, что соль океана снижает температуру застывания воды примерно до 28° по Фаренгейту. Результатом этого действия является постепенное сдавливание поверхности холодной воды до тех пор, пока она не достигнет самого дна во всех приполярных регионах. В то же время эта нисходящая вода дрейфует по дну океанских впадин в направлении экваториальной области. Поскольку эта холодная вода тяжелее, чем та, которая имеет более высокую температуру и ближе к поверхности, она не имеет тенденции подниматься. Находясь ниже возмущающих воздействий любого течения, кроме своего собственного, он не имеет тенденции, за исключением очень незначительной, смешиваться с более теплой вышележащей жидкостью. В результате он продолжает свое путешествие до тех пор, пока не достигнет тропиков, не набрав температуру более 35° по Фаренгейту, причем увеличение тепла в небольшой степени обусловлено тем, что он получает из недр земли и тем, что он приобретает из вышележащих более теплых вод. Достигая области тропического течения, эта дрейфующая с полюсов вода постепенно поднимается, чтобы занять место той, которая направляется к полюсу, становится теплой и снова начинает свой путь по поверхности в направлении арктики и антарктики.

Ничего не известно о скорости этого донного дрейфа от полярных районов к экватору, но, исходя из некоторых сделанных им вычислений, автор придерживается мнения, что для путешествия от Полярного круга до тропиков, несомненно, потребуется несколько столетий. Скорость движения, вероятно, различна; иногда для его выполнения может потребоваться несколько тысяч лет. В результате донного дрейфа образующаяся там очень холодная вода забирается из морей высоких широт и переносится под моря средних широт в область, где она хорошо подходит для процесса повторного нагрева. Если бы вся холодная вода циркумполярных регионов должна была перемещаться по поверхности к экватору, возмущающее воздействие ее стока на климат различных земель было бы намного больше, чем в настоящее время. Там, где существуют такие холодные течения, их эффект заключается в охлаждении воздуха без значительного увеличения количества осадков; в то время как течения, идущие на север, не только согревают регионы, вблизи которых они протекают, но и тем самым отводят с поверхности воды

большое количество влаги, которая выпадает в виде снега или дождя. Таким образом, Гольфстрим, прямо или косвенно, вероятно, приносит более половины количества осадков в Атлантическом бассейне. Отсутствие этого влияния на северную часть Северной Америки и Азии приводит к тому, что эти земли стерилизуются холодом, хотя на их поверхности нет постоянного льда и снега.

Мы легко понимаем, что влияние океанической циркуляции на температуры в различных регионах не только велико, но и сильно контрастирует. Забирая из экваториального пояса большую часть тепла, попадающего в эту область, он понижает температуру до такой степени, что делает местность пригодной для проживания человека, возможно, даже приемлемой для всех высших форм жизни. Это же самое тепло, перенесенное в высокие широты, смягчает зимний холод и, таким образом, делает пригодным для жизни обширное царство, которое в противном случае было бы сковано почти непрекращающимися морозами. Кроме того, такое распределение температур имеет тенденцию уменьшать общую энергию ветра за счет уменьшения пассатов и встречных пассатов, которые возникают из-за колебаний тепла, возникающих при прохождении к полюсу от экватора. Еще дальше, если бы не такая циркуляция воды в море, океаны вокруг полюсов замерзли бы до самого дна, и этот обширный ледяной покров мог бы простираться на юг в пределах параллелей пятидесяти градусов северной и южной широты, хотя воды под экватором могли бы в то же время быть невыносимо горячими и непригодными для обитания живых существ.

Большая часть трудностей, с которыми сталкиваются геологи, пытаясь объяснить изменения прошлого, проистекает из свидетельств великих климатических революций, которые претерпела земля. В некоторых главах великой каменной книги, листами которой являются слои земли, мы находим, что в отпечатках, сделанных окаменелостями, ясно написано, что все земли за пределами экваториального пояса претерпели изменения, которые можно объяснить только предположением, что жара и влажность в этих странах подверглись внезапным и заметным изменениям. Таким образом, в относительно недавнее время вблизи полюсов процветали растения с толстыми листьями, которые сохраняли свою растительность в довольно нежном состоянии в течение всего года, в то время как вскоре после этого ледяной покров, подобный тому, который сейчас покрывает большую часть Гренландии, простирался до линии реки Огайо в Цинциннати. Хотя эти изменения климата, как мы отметим ниже, вероятно, вызваны сложными причинами, мы должны рассматривать изменения океанских течений как один из наиболее важных элементов причинно-следственной связи. Мы можем с большей готовностью представить, что такие изменения происходят из-за изменений в курсе и объеме океанических течений, когда заметим, как незначительные особенности географии берегов — черты, которые, вероятно, будут изменены бесконечными изменениями, происходящими в форме континента, — влияют на течение этих течений. Таким образом, рост коралловых рифов на юге Флориды и, в целом, формирование этого полуострова за счет сужения выхода великого течения из Мексиканского залива, вероятно, увеличили его скорость. Если Флорида снова опустится, это течение устремилось бы в Северную Атлантику со скоростью около мили в час и не имело бы достаточной силы, чтобы перенести свои воды через половину того обширного региона,

который они сейчас пересекают. Если земли у западной границы Карибского моря, особенно Дарьенский перешеек, опустятся на значительную глубину ниже уровня океана, тропическое течение войдет в Тихий океан, повысив температуру его вод, отдав все драгоценное тепло, которое сейчас оживляет регион Северной Атлантики. Такая географическая случайность не только глубоко изменила бы условия жизни в этой части света, но и положила бы конец европейской цивилизации.

В главе, посвященной климатическим изменениям, дальнейшее внимание будет уделено действию океанских течений с точки зрения их влияния на тепло и влажность в различных частях света. Теперь мы должны рассмотреть последнее важное влияние океанских течений — то, которое они непосредственно оказывают на развитие органической жизни. Наиболее поразительный эффект такой природы, который вызывают морские течения, вызван непрерывным переносом, которому они подвергают яйца и семена животных и растений, а также тела зрелой формы, которые перемещаются текущими водами. Если бы не существование этих северных и южных течений, из-за наличия континентальных барьеров, живых обитателей морей носило бы вокруг земли, всегда на одной и той же широте, и, следовательно, они подвергались бы воздействию одних и тех же температурных условий. При таком положении дел влияния, которые сейчас вызывают изменения у органических видов, были бы гораздо меньшими, чем они есть на самом деле. Перемещаясь в огромных водоворотах, которые континентальные барьеры создают из заходящих на запад тропических течений, эти органические виды постоянно подвергаются изменениям в своих температурных условиях, которые, как мы знаем, благоприятствуют возникновению тех вариаций, от которых так тесно зависит развитие органической жизни. Таким образом, океанские течения не только способствуют изменению климата земли, вызывая изменения как в морском, так и в сухопутном климате, нарушая единообразие, которое в противном случае характеризовало бы регионы, расположенные на одинаковом расстоянии от экватора, но и вызывают, в силу последствий миграций, которые они вызывают, изменения в органических обитателях моря.

Другой непосредственный эффект океанских течений возникает там, где их потоки теплой воды наталкиваются на берега или отмели моря. В этих местах, если температура воды соответствует тропической, мы неизменно обнаруживаем обширное и быстрое развитие морских животных и растений, из которых наиболее важными являются кораллообразующие полипы. В таких местах рост форм, выделяющих твердые скелеты, происходит так быстро, что огромные стены из их останков скапливаются у берега, причем масса наращивается снаружи путем последовательного роста, пока территория суши не может быть расширена на десятки миль вглубь. В других случаях огромные скопления этого органического *мусора* могут накапливаться посреди океана до тех пор, пока его поверхность не будет усеяна мириадами островов, все из которых отмечают работу благодаря совместному действию течений и морской флоры и фауны, которую они питают. Вероятно, более четырех пятых всех островов тропического пояса образовались таким образом благодаря поддерживающему жизнь действию течений, создаваемых пассатами.

Существует множество вторичных воздействий менее важного характера, которые обусловлены океанскими течениями. Читатель найдет на большинстве настенных карт мира определенные области в центральной части океанов, обозначенные как Саргассово море, из которых Северная Атлантика, запад и юг Азорских островов, является одной из наиболее заметных. В этих пространствах, которые по протяженности можно почти сравнить с континентами, мы находим огромное количество плавающих морских водорослей, спутанные листья которых часто образуют массу, достаточно плотную, чтобы слегка ограничивать скорость судов. Когда люди на каравеллах Колумба попали в эту передрыгу, они были встревожены тем, что не смогут вырваться из ее пут. Любопытно, что эти морские водоросли, находясь на плаву, не размножаются спорами структур, которые соответствуют семенам высших растений, а растут только почкованием. Кажется несомненным, что они не смогли бы сохранить свое место в океане, если бы не действие течений, которые уносят кусочки, оторванные от берегов, где растение действительно чувствует себя как дома. Этот обширный рост растительной жизни в Саргассовых бассейнах, несомненно, способствовал значительному отложению наносов на морском дне под водами, в которых они обитают. Определенные древние пласты, известные как девонские черные сланцы, занимающие долину Огайо и соседние части Северной Америки к востоку и северу от этого бассейна, по-видимому, представляют собой скопления, образовавшиеся под древним саргассовым морем.

Океанские течения в значительной степени благоприятствовали и во многих случаях определяли миграции не только морских форм, но и наземных существ. Плавающая древесина может переносить яйца и семена многих форм жизни на большие расстояния, пока плоты не будут выброшены на берег в царстве, где, при благоприятных условиях, существа смогут найти новое пристанище для своей жизни. Семена растений, заключенные в свои часто плотные оболочки, могут, поскольку они плавают, самостоятельно переноситься на большие расстояния. Таким образом, получается, что как только коралл или другой остров возвышается над морскими водами, его заселяют разнообразные растения. Миграции людей, вплоть до времен морских путешествий, открывших Америку, в значительной степени контролировались течением океанских потоков. Тропический рельеф вод на западе помог Колумбу в его путешествии и позволил ему совершить путешествие, которое без их помощи вряд ли могло быть осуществлено. Это же течение в северной части Гольфстрима препятствовало прохождению судов из северной Европы на запад и по сей день влияет на скорость, с которой совершаются их плавания.

КРУГОВОРОТ ДОЖДЯ.

Теперь мы должны рассмотреть те движения воды, которые зависят от того факта, что при обычных температурах море выделяет в воздух постоянный и большой запас паров, вклад которых в меньшей пропорции вносят вода на всех стадиях похолодания и даже лед, когда он подвергается воздействию сухого воздуха. Это испарение морской воды пропорционально температуре и сухости воздуха там, где она соприкасается с океаном. Вероятно, она составляет в среднем где-то около трех футов в год; в регионах, благоприятно расположенных для этого процесса, таких как западное побережье Северной Африки, она может быть в три-четыре раза больше, в то время как в холодном и влажном воздухе около полюсов она может составлять всего один фут. При попадании в воздух вода переходит в парообразное состояние, в котором она имеет тенденцию свободно рассеиваться по атмосфере благодаря движению, которое развивают частицы, находящиеся в парообразном или газообразном состоянии.

Большая часть воды, испарившейся из морей, вероятно, попадает в виде дождя обратно в глубину, однако значительная ее часть уносится горизонтально, пока не достигает суши. Выпадение воды в осадок из воздуха происходит в первую очередь из-за охлаждения, которому она подвергается по мере подъема в атмосферу. Над морем подъем осуществляется за счет простой диффузии пара или подъема через воздушную шахту, например, вблизи экватора или над центрами бушующих штормов. Именно тогда, когда воздух достигает склонов местности, мы обнаруживаем, что она приведена в состояние, которое наиболее явно приводит к выпадению влаги в осадок. Поднимаемый вверх воздух, поднимающийся по склонам, приводится в более прохладное и разреженное состояние. Теряя температуру и расширяясь, он расстается со своей водой по той же причине, что и при восходящем течении в экваториальном поясе или в трубах вихревых штормов. Общим следствием этого является то, что всякий раз, когда насыщенные влагой ветры с моря обрушиваются на континент, они уносят значительную часть содержащейся в них воды.

Если бы все земли находились на одинаковой высоте, то дожди, как правило, выпадали бы в наибольшей пропорции на их прибрежную полосу или те части прибрежных районов, над которыми дуют морские ветры. Но поскольку эти ветры различаются по количеству водянистого пара, который они содержат, и поскольку поверхность суши очень неровная, количество осадков является наиболее изменчивой характеристикой климатических условий нашей сферы. У берегов он колеблется от двух-трех дюймов в засушливых регионах, таких как западная часть Сахары и отдельные прибрежные районы Чили и Перу, до восьмисот дюймов в верховьях реки Брахмапутра на севере Индии, где высокие горы омываются насыщенным влагой воздухом с соседнего моря. То тут, то там отдельные горные массивы вызывают необычайное локальное увеличение количества осадков. Так, в озерном крае на северо-западе Англии количество осадков на обращенной к морю стороне гор, высота которых не превышает четырех тысяч футов, намного больше, чем на другом склоне, менее чем в десятке миль отсюда. Эти локальные вариации распространены во всем мире, хотя они мало наблюдаемы.

В целом, в центральных частях континентов, вероятно, выпадает гораздо меньше осадков, чем на их периферии. Таким образом, в центральных районах Северной Америки, Азии и Австралии — трех из пяти континентальных массивов — есть то, что мы могли бы назвать внутренними пустынями. В Африке есть один такой, хотя он расположен к северу от центра и простирается до берегов Средиземного моря и Атлантики. Единственным континентом, на котором нет этого центрального поля, почти без осадков, является Южная Америка, где единственный характерный засушливый район расположен на западном склоне Кордильерского хребта. В данном случае особенность связана с тем фактом, что сильные западные ветры, проносящиеся над страной, не встречаются высоких гор, пока не достигают Андской цепи. Они поднимаются по длинному и довольно пологому склону, где постепенно образуются осадки, процесс завершается, когда они ударяются о стену горы. Пролетая над ее вершиной, они выглядят как суховеи на тихоокеанском побережье.

Даже несмотря на то, что ветры часто дуют с моря, как вдоль западного побережья Америки, они могут дуть над водой, которая преимущественно холоднее суши. Это характерно для западных склонов американского континента, где море охлаждается течениями, идущими к экватору из высоких широт. Такой прохладный морской воздух, встречаясь с теплой сушей, имеет повышенную температуру и поэтому не стремится сбросить с себя бремя влаги, а стремится вбирать в себя больше. По этой причине количество осадков в странах, расположенных в таких условиях, обычно невелико.

Ни в коем случае не вся влага, поступающая на землю из атмосферы, выпадает в виде дождя или снега. Переменное, большое, хотя пока и не определенное количество выпадает в виде росы. Роса — это выпадение влаги, которая не перешла в особое состояние, которое мы называем туманом или облаком, но осталась невидимой в воздухе. Он передается на землю через излучение тепла, которое происходит постоянно, но которое наиболее эффективно в темную половину дня, когда действие не уравновешивается солнечными лучами. Пока солнце стоит высоко, а воздух теплый, происходит постоянное поглощение влаги в значительной степени из земли или из соседних акваторий, вероятно, в какой-то степени из этих взвешенных запасов воды, облаков, если таковые имеются по соседству. Мы легко можем заметить, как облака, плывущие с моря, часто растворяются в сухом воздухе, с которым они сталкиваются. Ближе к вечеру, еще до захода солнца, излучение тепла от земли, которое продолжалось все это время, но было менее значительным, чем повышение температуры, в некотором смысле обгоняет этот приток. Воздух, находящийся рядом с поверхностью, охлаждается от соприкосновения с охлаждающей поверхностью и разделяется с ее влагой, образуя водный покров на всем, к чему прикасается. В то же время влага, выходящая из прогретого грунта, точно так же падает обратно на его охлажденную поверхность почти сразу после выхода. Тонкая струйка воды, выделяемая этим методом, быстро возвращается в воздух, когда он прогревается утренним солнцем, но в течение ночи некоторое ее количество поглощается растениями; действительно, очень часто у более низкорослой растительности она стекает по листьям и попадает в землю у основания стебля, так что корни могут ее усвоить. Наша кукуруза, или индийская кукуруза, представляет собой превосходный пример растения, которое, развившись в засушливой

стране, благодаря своей способности собирать росу, хорошо приспособлено для защиты от засушливых условий. В обычную ночь, когда выпадает роса, листья одного стебля могут собрать до половины пинты воды, которая стекает по их поверхности к корням. Этот запас росы, этот ночной безоблачный дождь настолько эффективен, что на западном побережье Южной Америки и в других местах, где почти не хватает обычного запаса влаги, многие важные растения способны получать из нее большую часть воды, в которой они нуждаются. Эффект особенно заметен на морских побережьях, где воздух, хотя и может не обладать влажностью, необходимой для образования дождя, все же содержит достаточно для образования росы.

Интересно отметить, что количество росы, выпадающее на участок, обычно пропорционально количеству живой растительности, которую он несет. Поверхности листьев являются очень эффективными источниками излучения, и сплетение, которое они образуют, обеспечивает площадь, излучающую тепло, во много раз большую, чем поверхность обнаженной земли. Более того, сама земля не может хорошо остыть до такой степени, чтобы она выжимала влагу из воздуха, в то время как тонкие мембраны растений легко охлаждаются. Таким образом, растительность благодаря своей собственной структуре обеспечивает себя средствами, с помощью которых она может быть в определенной степени независимой от случайных осадков. Мы также должны отметить тот факт, что выпадение росы сопутствует безоблачному небу. Количество осадков, выпадающих в облачную ночь, очень мало, и это по той причине, что, когда небеса закрыты, тепло от земли не может легко улетучиваться в космос. В этих условиях температура воздуха редко опускается достаточно низко, чтобы способствовать выпадению росы.

Отметив процесс, посредством которого в дождевом цикле вода покидает море, и условия распределения, когда она возвращается на землю, мы можем теперь более подробно проследить этапы этого большого цикла. Во-первых, мы должны принять к сведению тот факт, что вода после того, как она попадает в воздух, может возвращаться на поверхность земли одним из двух способов — непосредственно в виде выпадения росы или по более длинному пути, который ведет ее через состояние облаков. Пока что мы не очень хорошо информированы о законе образования облаков, но некоторые особенности этого живописного и наиболее важного процесса были достаточно хорошо изучены.

Поднимаясь вверх из моря, водяной пар обычно остается прозрачным и невидимым до тех пор, пока не достигнет значительной высоты над поверхностью, где при охлаждении он, как правило, снова принимает видимое состояние облачных частиц. В настоящее время считается, что образование этих облачных частиц зависит от того факта, что воздух полон мелких пылинок, чрезвычайно мелких частиц вещества, образующихся в результате многих действий, которые приводят к выбросу измельченного твердого вещества в воздух, таких как, например, сгорание метеоритных камней, которые сильно нагреваются от трения при их быстром прохождении по воздуху, извержения вулканов, дым лесных и других пожаров и т.д. Эти крошечные частицы, плавающие в воздухе, из-за своей твердой природы излучают тепло, охлаждают воздух, который находится рядом с

ними, и таким образом осаждают воду в виде росы, точно так же, как это делают листья и другие структуры на поверхности земли. Фактически, образование росы по сути похоже на образование облаков, за исключением того, что в одном случае вода собирается на неподвижных телах, а в другом - на плавающих объектах. Каждый маленький пылевой плотик с его грузом конденсированной воды, конечно, имеет тенденцию падать вниз, к поверхности земли, и, за исключением ветров, которые могут дуть вверх, падает именно так, хотя и чрезвычайно медленно. Скорость его спуска может составлять всего несколько футов в день. Он падал до того, как принял на себя нагрузку воды; с увеличением нагрузки он будет падать немного быстрее, но даже в неподвижном воздухе могут пройти месяцы или годы, прежде чем он достигнет земли. Причина такого медленного спуска может быть на первый взгляд неочевидной, хотя небольшое рассмотрение сделает ее таковой.

Если мы возьмем дробь небольшого размера и перо одинакового веса, то легко заметим, что скорость их падения в воздухе может различаться в пропорции десять к одному или более. Легко представить, что это различие объясняется гораздо меньшим трением, с которым меньшее тело сталкивается при своем движении с частицами воздуха. Имея это в виду, учащийся должен заметить, что поверхность, представленная твердыми телами по отношению к их твердому содержимому, тем больше, чем меньше диаметр. Приблизительный, хотя и не очень удовлетворительный пример этого принципа можно получить, сравнив поверхность и внутреннее содержимое двух коробок, одной площадью десять квадратных футов, а другой - один квадратный фут. Коробка большего размера имеет шестьсот футов поверхности на тысячу кубических футов внутренней части, или около половины квадратного фута внешней поверхности на кубический фут содержимого; в то время как коробка меньшего размера имеет шесть футов поверхности на один кубический фут внутренней части, или примерно в десять раз больше пропорции внешней части к содержимому. Результатом является то, что более мелкие частицы сталкиваются с большим трением при движении к земле, до тех пор, пока в случае мелкодисперсного вещества, такого как частицы углерода в дыму от обычного костра, скорость падения может быть настолько мала, что практически не влияет на турбулентные условия движения атмосферы.



Покет-Крик, Кейп-Энн, Массачусетс. Обратите внимание на относительно равномерный размер камешков и на волну, которая приводит их в движение.

Маленькие капли воды, собирающиеся вокруг пылинок и падающие, но медленно к земле, могут свободно подчиняться притяжению, которое они оказывают друг на друга, — импульсам, которые являются частично гравитационными, а частично электрическими. У нас нет точных сведений об этих движениях, кроме того, что они служат для объединения мириад маленьких поплавков в облачные формы, в которых плотности сближаются, но фактически не касаются друг друга. Возможно, они разделены электрическим отталкиванием. В этом состоянии ассоциации без объединения разделенная вода может находиться подлюбопытно измененными скоплениями, которые дают нам разнообразные формы облаков. Пока мы мало что знаем о причинах образования облаков. Мы отмечаем тот факт, что в более высоких из этих скоплений конденсированного пара, облаках, которые плавают на высоте от двадцати до тридцати тысяч футов или более, массы обычно тонкие и расположены более или менее в форме листьев, хотя даже здесь очевидна тенденция к образованию сферических облаков. В этом высоком царстве плавающая вода, вероятно, находится в замороженном состоянии, принимая форму росы, которую мы называем инеем. Нижние облака, собирающиеся в неподвижном воздухе, очень ясно демонстрируют тенденцию к слипанию в сферы, которая, по-видимому, характерна для всего парообразного материала, способного свободно перемещаться под действием собственных импульсов. Вероятно, что сферическая форма облаков более или менее обусловлена теми же условиями, при которых звездное вещество из древнего туманного хаоса собиралось в небесные сферы. На эти сферические скопления облаков ветры действуют чрезвычайно разнообразно. Облако может быть зажато между

противоположными течениями и таким образом сплющено в длинную полосу; оно может принять ту же форму, будучи унесенным течением подобно дыму от костра; сферы могут удерживаться вместе, образуя лоскутное одеяло, которое мы называем небом "макрель"; или они могут быть фактически смешаны друг с другом в обширную общую облачную кучу. Как правило, там, где происходит процесс агрегации двух облачных тел, в массах, которые смешиваются вместе, вызываются изменения температуры. Если температура, возникающая в результате такого объединения облачных масс, в среднем повышается, облако может стать светлее и подобно воздушному шару подняться вверх. Каждую из пылинок в облаке с ее зарядом пара можно сравнить с балластом воздушного шара; если их нагреть, они снова выделяют часть своего груза конденсированной воды в состояние невидимого пара. Поднимаясь до точки, где он охлаждается, пар собирается обратно на плотях и снова стремится утяжелить облако книзу. Балласт обычного воздушного шара приходится выбрасывать из его кабины; но если бы можно было придумать какое-нибудь устройство для конденсации влаги из воздуха, воздушный шар можно было бы привести в регулируемое состояние облака, поднимаясь или опускаясь в зависимости от того, нагревался он или охлаждался.

Когда начинается формирование капли воды или снежинки, масса становится очень маленькой. Если при спуске он сталкивается с облаками большой толщины, то немного может увеличиться за счет дальнейшего уплотнения, пока не станет относительно большим. В целом, таким образом мы можем объяснить различия в размере дождевых капель или снежинок. Часто случается, что частицы, принявшие форму снежинок, сталкиваются при падении с настолько теплым воздухом, что превращаются в дождевые капли или, если они растаяли лишь частично, достигают поверхности в виде мокрого снега. Или, начавшись в виде дождевых капель, они могут замерзнуть и в этом простом состоянии достичь земли, или после замерзания они могут собрать вокруг себя другую замерзшую воду, так что градина имеет сложную структуру, которая, с точки зрения классификации, находится между дождевой каплей и снежинкой.

В процессе конденсации — действительно, на стадиях, предшествующих образованию дождя и снега, — часто остаются более или менее следы электрического воздействия; фактически, часть энергии, которая была задействована в испарении воды, при ее конденсации, даже на пылинках, по-видимому, преобразуется в электрическое воздействие, которое, вероятно, частично действует для разделения мелких скоплений воды. Когда они собираются в капли или хлопья, это электричество часто принимает форму молнии, которая представляет собой быстрое перемещение накопителя электроэнергии из региона, где его больше всего, в регион, где его меньше. Вариации в этом процессе передачи электричества, вероятно, велики. В общем, оно, вероятно, проходит, подобно передаче электрического тока, по проводу от батареи, который создает силу. В других случаях, когда напряжение велико или, другими словами, когда необходимо ускорить разряд, мы имеем дело с явлением молнии, при котором ток прожигает себе путь на своем пути, поскольку он может проходить по тонкому проводу, испаряя его по ходу движения. Как правило, вспышка молнии расходует свою силу на воздушные проводники или линии влажной атмосферы, по которым она прокладывает свой путь, ее энергия возвращается в пар, который она образует, или в тепло, которое она

производит в других частях воздуха. В некоторых случаях, вероятно, не в одном случае из тысячи вспышек, заряд настолько силен, что не расходуется при падении к земле, и поэтому электризует, или, как мы говорим, поражает какой-нибудь прикрепленный к земле предмет, через который он проходит к нижележащей влаге, где находит удобное место, чтобы принять спокойную форму. Почти все эти стремительные движения электрической энергии, которые интенсивно нагревают и освещают воздух, через который они проходят, перелетают из одной части облака в другую или переходят из облачной сферы в облачную сферу; из тех, что направляются к земле, многие истощаются, прежде чем достигают ее поверхности, и даже те, которые ударяются, передают земле лишь часть своего первоначального импульса.

Разрушительный эффект молнии при ее прохождении по воздушным проводникам в пылающих каналах хорошо иллюстрируется тем, что происходит, когда заряд ударяется о провод, который недостаточно велик, чтобы его можно было свободно переносить. Проволока нагревается, обычно раскаляется добела, часто плавится и, возможно, рассеивается в виде пара. При выполнении этой работы электричество может полностью рассеиваться, то есть преобразовываться в тепло, что часто и происходит. Было предложено воспользоваться этим принципом для защиты зданий от молнии, разместив в них множество тонких проводов, по которым ток будет пытаться проложить свой путь, истощаясь при плавлении или испарении металла, через который он проходит.

Существуют определенные другие формы молнии или, по крайней мере, электрических разрядов, которые производят свет и которые лучше всего можно описать в этой связи. Иногда случается, что земля становится настолько заряженной, что ток проходит от ее поверхности к облакам. Реже и в условиях, которые мы не понимаем, электрическая энергия собирается в шарообразную форму, которая может медленно перемещаться по поверхности, пока внезапно не взорвется. Общей чертой всех этих форм молний, которые мы отметили, является то, что они обычно производят при своем движении значительный шум. Это происходит из-за внезапного смещения воздуха, через который они проходят, — смещения из-за действия тепла при разделении частиц. Это во всех существенных отношениях похоже на звуки, издаваемые пролетающими по воздуху снарядами, такими как метеоры или быстрые пушечные выстрелы. Это даже в большей степени сравнимо со звуком, производимым взрывающимся порохом. Первый звуковой эффект от удара молнии - это единственная раздирающая нота, которая длится не дольше — на самом деле, не так долго, — как пушечный выстрел. Услышанная поблизости, эта нота очень резкая, напоминающая звук, издаваемый бьющимся стеклом. Раскатистый, непрерывный звук, который мы обычно слышим при раскатах грома, является, как и в случае с шумом, производимым пушкой, следствием эха, отражающегося от облаков и земли. Гром обычно гораздо более продолжителен и впечатляющ в горной стране, чем на равнинах, потому что крутые склоны вокруг слушателя отражают первоначальный одиночный грохот.

Распространение гроз пока еще недостаточно изучено, но во многих случаях оказывается, что они являются сопутствующими факторами надвигающихся циклонов и ураганов, причем область перед этими сильными вихрями подвергается конденсации и нерегулярным движениям воздуха, которые приводят к выработке большого количества

электрической энергии. Однако есть определенные части земли, которые особенно подвержены вспышкам молний. Они распространены в регионе вблизи экватора, где восходящие течения вызывают сильные дожди, которые означают быструю конденсацию и последующее высвобождение электрической энергии. Их частота уменьшается по мере приближения к арктическим регионам. Наблюдатель на полюсе, вероятно, никогда бы не смог заметить сильных вспышек. По той же причине грозовые штормы чаще случаются летом, в то время, когда разница в температуре между поверхностью и верхними слоями воздуха наибольшая, и, следовательно, порывы воздуха, вероятно, будут наиболее сильными. Они, по-видимому, чаще встречаются ночью, чем днем, по той причине, что конденсации способствует охлаждение, которое происходит в темную половину дня. Действительно, редко бывает, чтобы гроза разразилась ближе к полудню, в период, когда воздух в большинстве случаев впитывает влагу из-за быстро усиливающейся жары.

Существуют и другие формы электрических разрядов, явно не связанные с существовавшей в то время конденсацией влаги. То, что моряки называют огнем Святого Эльма — сноп электрического света, исходящий от верхушек мачт и других выступов корабля, — указывает на прохождение электрической энергии между судном и атмосферой. Говорят, что иногда можно увидеть похожие огни, поднимающиеся с поверхности воды. Подобные явления в настоящее время не имеют удовлетворительного объяснения. Возможно, к той же группе действий относятся так называемые "Блуждающие огоньки", вспыхивающие из земли в болотистых местах, которые часто описываются простыми людьми, но никогда не наблюдались натуралистами. Если этот класс озарений действительно существует, мы должны дать им какое-то другое объяснение, кроме того, что они представляют собой эманации самовоспламеняющегося фосфоресцирующего водорода, метод их объяснения, который нелогично находит место во многих трактатах об атмосферных явлениях. Газ любого вида рассеялся бы сам по себе в воздухе; он не мог бы танцевать, как, по слухам, танцуют эти огни, и не известно никаких химических средств, с помощью которых его можно было бы получить из земли в достаточной чистоте и количестве, чтобы вызвать описанные эффекты.^[3]

В верхних слоях воздуха или, возможно, даже за пределами области, заслуживающей этого названия, в регионах, простирающихся от полюсов почти до тропиков, происходят электрические вспышки, широко известные как северное сияние. Это явление происходит в обоих полушариях. Эти свечения, хотя и в некотором роде сродни молниям и, несомненно, обусловлены какой-либо формой электрического воздействия, своеобразны тем, что они часто сопровождаются свечением, как будто исходящим от облаков, и пульсациями, которые указывают на движение не со скоростью электричества. Пока еще очень мало известно о точной природе этих странных штормов. Однако утверждалось, что они связаны с солнечными пятнами; те периоды, когда солнечных пятен много, с интервалом примерно в одиннадцать лет, являются периодами полярных сияний. Более того, представляется вероятным, что магнитные токи Земли, та вращающаяся энергия, которая охватывает сферу, движущаяся по кругу, в общем, параллельно экватору, усиливаются во время этого освещения циркумполярного неба.

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ РАБОТА ВОДЫ.

Теперь мы обратимся к геологическим работам, которые выполняются падающей водой. Когда дождь или снег возвращаются из облаков в море, энергия положения, придаваемая воде при ее возвышении над землей за счет тепла, получаемого от солнца, возвращается в воздух, через который она падает, или на поверхность океана, о которую она ударяется. В этом случае цикл дождя короткий и не имеет геологических последствий, которые стоит учитывать, за исключением того, что возвращаемое таким образом тепло, вероятно, будет доставлено в другую область, отличную от той, в которой накопилась падающая вода, таким образом, незначительным образом изменяя климат. Однако, когда на поверхности суши выпадают осадки, капли замерзшей или жидкой воды тратят часть своей энергии на важные геологические работы, подобные которым не выполняются там, где они сразу возвращаются в море.

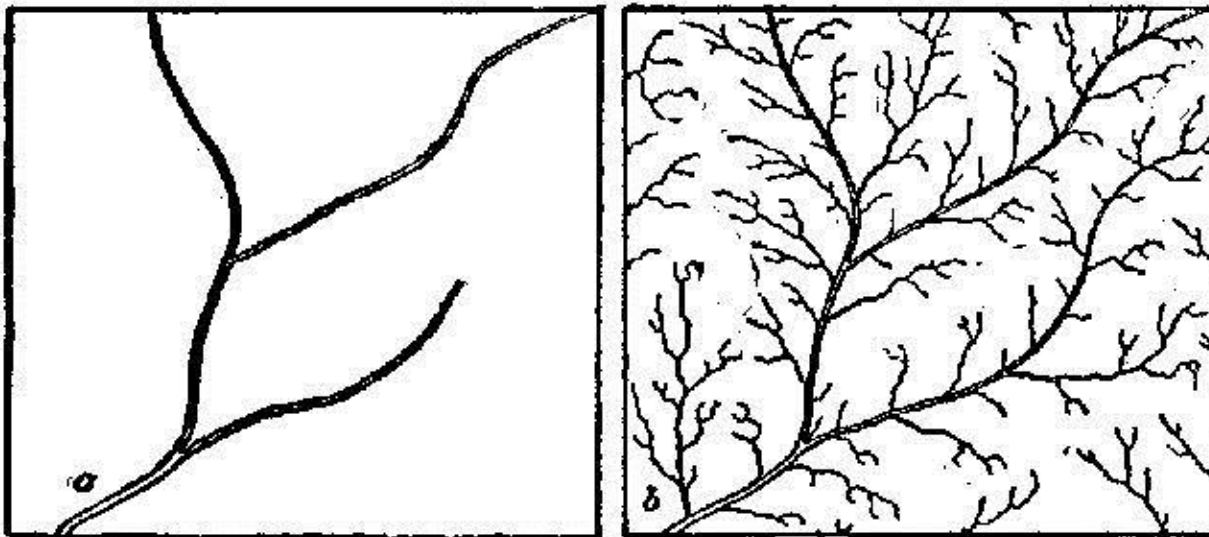


Рис. 10.

— Показано разнообразное действие дождя на лесистые и расчищенные поля: а - лесистая местность; б - возделанная земля.

Сначала мы рассмотрим, что происходит, когда вода в виде капель дождя выходит на поверхность суши. Опускаясь со значительной скоростью, эти дождевые капли прикладывают определенное количество энергии к поверхности, на которую они падают. Хотя удар дождевой капли, как говорится, легкий, удар не является неэффективным. Наблюдая за тем, что происходит там, где действие происходит на поверхности голой скалы, мы можем заметить, что песчинки или мелкие камешки, которыми обычно изобилуют такие поверхности, если они не имеют слишком крутого наклона, танцуют под получаемыми ими ударами. Если бы мы могли покрыть такими кусочками твердое листовое стекло, гораздо более твердый материал, чем обычный камень, мы бы вскоре обнаружили, что его поверхность была бы поцарапана от трения. Более того, капли дождя ощутимо толкают маленькие оторванные кусочки камня вниз по склонам к ручьям.

Если бы вся поверхность земли представляла собой голые скалы, удары дождевых капель заслуживали бы того, чтобы быть причисленными к важным воздействиям, которые приводят к износу суши. Как бы то ни было, когда страна находится в Естественном состоянии, лишь небольшая часть ее поверхности подвергается такому износу. Там, где дождей достаточно, чтобы нанести какой-либо ущерб, обязательно будет достаточно растительности, чтобы создать живое и самообновляющееся покрытие между камнями и дождем. Даже лишайники, покрывающие то, что на первый взгляд часто кажется голой скалой, представляют собой достаточное покрытие для этой цели. Только там, где человек обнажает поле, срывая и переворачивая эту защитную растительность, дождевые капли иссекают землю. Эффект от их действия часто можно отметить, наблюдая, как на вспаханную землю после дождя падает плоский камень или черепок, покрывающий небольшой столбик. Геолог иногда обнаруживает, что в мягких песчаниках то же самое действие повторяется в большем масштабе, когда тонкий фрагмент твердой породы защитил колонну высотой в несколько футов от дождя, который обрушил окружающую породу.

Когда вода попадает на увлажненную поверхность, она сразу теряет форму капли, которую принимают все жидкости, когда они падают по воздуху.^[4]

Когда дождевые капли собираются на поверхности земли, начинается роль того, что мы можем назвать наземной водой. С тех пор, пока жидкость не достигнет поверхности моря, она непрерывно работает, вызывая широкий спектр геологических изменений, лишь некоторые из которых могут быть хорошо прослежены обычным исследователем. Работа воды на суше обусловлена тремя классами свойств — энергией, которой она наделена в силу своей высоты над уровнем моря, силой, обусловленной солнечным теплом; способностью, которой она обладает для превращения веществ в раствор; и ее свойством отдавать некоторую часть своего собственного вещества другим материалам, с которыми она вступает в контакт. Первую из этих групп свойств можно назвать динамическими; остальные - химическими.

Динамическая ценность воды, когда она падает на сушу, - это количество энергии, которую она может затратить, спускаясь по склону, отделяющему ее от моря. Тонна жидкости, которая может собраться при обычном дожде на площади в тысячу квадратных футов в высокогорье страны — скажем, на высоте тысячи футов над уровнем моря, — затрачивает, прежде чем попасть в огромный резервуар, столько энергии, сколько потребовалось бы, чтобы поднять этот вес с поверхности океана на ту же высоту. Способы, которыми эта энергия может быть израсходована, мы сейчас в общих чертах проследим.

Как только вода собрана, переходя из состояния капли в состояние листа — процесс, который происходит сразу после ее падения, — жидкость начинает свое движение вниз. На этом пути она сразу разделяется на два отдельных отдела, поверхностные воды и грунтовые воды: первые текут более или менее быстро, обычно со скоростью мили или более в час при свете дня; вторые входят в трещины земли, медленно опускаются в них на большую или меньшую глубину и, наконец, преодолевая, возможно, со скоростью мили в год, воссоединяются с поверхностными водами, вытекая через источники. Соотношение

этих двух классов, поверхностных и подземных вод, сильно различается, и их смешивание постоянно продолжается. Таким образом, на поверхности голого камня или мерзлой земли весь дождь может уйти, не попадая на землю. На очень песчаных полях самые обильные осадки могут поглощаться пористой землей, так что ручьи не образуются. На таких поверхностях автор настоящего исследования заметил, что ливень глубиной до шести дюймов за два часа вообще не образовал ручьев. Сначала мы проследим за историей поверхностных вод, а затем рассмотрим работу, на которую влияют подземные движения.

Если ученик понаблюдает за тем, что происходит на ровном вспаханном поле — которое, в конце концов, не будет идеально ровным, поскольку все поля более или менее волнистые, — он заметит, что, хотя поверхность, возможно, была разглажена валиком до тех пор, пока не стала похожа на дно, первый дождь, когда он проходит достаточно быстро, чтобы образовались поверхностные потоки, создаст серию маленьких русел, которые становятся больше по мере соединения, и все это предстает глазу как очень подробная карта или, скорее, модель речной системы; это действительно такая система в миниатюре. Если он понаблюдает за процессом, с помощью которого вырезаются русла этих ручейков, он получит достаточно ясное представление о той важнейшей работе, которую выполняют большие ручьи, вырезая поверхность земель. Как только вода собирается в лист, она, направляемая малейшими неровностями, с которыми сталкивается, начинает течь. Сначала движение настолько медленное, что не нарушает постельного белья, но в некоторых местах в нижней части простыни движение вскоре становится достаточно быстрым, чтобы отрывать песчинки и глину от их прилипания и переносить их вперед. Как только образуется это начало канала, вода движется быстрее, более прозрачным способом; следовательно, она сокращается быстрее, углубляя и расширяя свой канал и делая свое движение еще более свободным. Крошечные ручейки впадают в большие, все их русла извиваются взад и вперед, направляясь то в одну, то в другую сторону из-за случайных неровностей, пока не образуется нечто вроде речных бассейнов, тех пологих склонов, которые образуют широкие долины, образованные изгибами многих ручьев. Если поле большое, могут образоваться значительные, хотя и временные ручьи, которые прорезают каналы глубиной около фута. В конце этой миниатюрной системы ручьев мы всегда находим какую-то часть отходов, которая была удалена. Если ручеек впадает в бассейн, мы обнаруживаем крошечного представителя дельты, которые образуют такую важную особенность береговой линии, где большие реки впадают в моря или озера. Вдоль линий ручья мы можем наблюдать тут и там небольшие уступы, которые во всем, за исключением размера, эквивалентны террасам, которые обычно можно наблюдать вдоль больших ручьев. Фактически, эти несчастные случаи на акре земли наиболее эффективным образом помогают студенту понять более масштабные и сложные процессы континентальной эрозии.

Обычная река — фактически, все большие потоки земли — берет начало в высокогорной местности, обычно в горном регионе. Здесь, из-за возвышенности региона, ручьи образовали глубокие ущелья или обширные долины, все из которых имеют склоны, круто ведущие вниз к руслам ручьев. Вниз по этим наклонным поверхностям частицы, стертые с твердой породы морозом и химическим разложением, постепенно прокладывают свой

путь, пока не достигнут русла ручья. Агентов, которые помогают гравитации переносить этот обломок вниз, много, но все они работают вместе для достижения одной и той же цели. Удар дождевой капли кое-что дает, хотя и небольшое; прямое оmyающее действие ручейков, которые образуются во время сильных дождей, но пересыхают по окончании грозы, выполняет большую часть работы; оттаивание и замораживание воды, содержащейся в массе обломков, способствует движению, поскольку, хотя толчок идет в обоих направлениях, наиболее эффективен он под уклоном; клинья древесных корней, которые часто проникают между камнями и под ними и там расширяются в процессе своего роста, также способствуют движению вниз. В результате на обычных горных склонах слой фрагментов, составляющих грубую почву, часто ползет со скоростью от нескольких дюймов до нескольких футов в год по направлению к руслу потока. Если на вершине склона есть скалы, как это часто бывает, с него могут происходить очень обширные обвалы камней, массы которых опускаются с такой скоростью, что достигают непосредственно ручья. Если крутизна невысокая и порода разделена на вертикальные соединения, особенно там, где у основания крутизны есть мягкий слой, отделившиеся от обрыва массы могут медленно и устойчиво двигаться вниз по склону, настолько мало нарушенные в своем движении, что деревья, растущие на их вершинах, могут продолжать развиваться в течение тысяч лет, прежде чем масса попадет в русло ручья.

Хотя падение камней с обрывов не часто происходит в заметных масштабах, все великие горные регионы, издавна населенные человеком, изобилуют традициями и историями подобных происшествий. В течение одного-двух столетий в населенных долинах Альп произошло не менее дюжины катастроф подобного рода. Поскольку эти происшествия одновременно поучительны и живописны, хорошо бы отметить некоторые из них несколько подробнее. В Иворни, небольшом приходе на северном берегу Роны, прямо над Женевским озером, предание гласит, что древняя деревня с таким названием была разрушена в результате падения огромной скалы. На обширных *обломках*, образующих крутой склон, который был образован таким образом, сейчас растут знаменитые виноградники, но виноделам кажется, что они время от времени слышат глубоко под землей звон колоколов, принадлежавших переполненной церкви. В 1806 году район Гольдау, расположенный к северу от Люцернского озера, был погребен под руинами вершины, которая, покоясь на слое глины, соскользнула, как спускаемый корабль на поверхность мягкого материала. *Обломки* захлестнули деревню и множество отдельно стоящих домов и частично заполнили значительное озеро. Ветер, вызванный этим огромным потоком падающих камней, был настолько силен, что людей унесло ветром; некоторые, действительно, погибли таким необычным образом.

Самым интересным местом среди этих швейцарских горных водопадов является высокогорная долина амфитеатрической формы, известная как Дьяблере, или дьявольский квартал. Этот огромный цирк, расположенный на высоте около четырех тысяч футов над уровнем моря, окружен с северной стороны обрывом, над которым возвышается, или, вернее, когда-то возвышался, ряд горных вершин огромной массы. Этот регион издавна ценился за превосходные пастбища, которые предоставляет верховье долины. Действительно, в нем были проложены две дорогостоящие дороги, чтобы обеспечить пешеходные дорожки для отар и их зрителей в летний сезон.

Благодаря этому человеческому опыту общения с долиной у нас есть отчет о том, что происходило в этой части горной глуши. За период истории и традиций в этой области произошло три очень крупных горных обвала, каждый из которых оставил о себе добрую память благодаря широкомасштабному бедствию, которое он принес жителям *шале*. Последнее из них было вызвано падением огромного пика, который раскинулся на обширном поле руин в долине внизу. Пояс разрушений был около полумили в ширину и трех миль в длину. Когда автор книги видел его в последний раз, четверть века назад, это была все еще дикая местность из огромных камней, но кое-где процесс их распада давал почву для травостоя, и через несколько столетий поле, несомненно, покроется такой зеленью, что его история не будет рассказана на его поверхности. Однако, вероятно, он сохранился в памяти людей, и это благодаря своеобразному и трогательному преданию, сложившемуся об этом месте, которое, если и не соответствует действительности, то, по крайней мере, входит в число легенд, в которые нам хотелось бы верить.

Как рассказал настоящему автору местный житель, это случилось, когда ночью гора обрушилась, пастухи и их коровы собрались в *шале* - прочных зданиях, готовых противостоять снежным лавинам. В одном из них, который был защищен от разрушения расположением покрывавших его камней, одинокий пастух оказался живым в своем невредимом жилище. С ним в темноте были коровы, запас еды и воды и его провизия на долгий летний сезон. Не имея ничего, кроме надежды воодушевить его, он принялся за рытье ям среди камней, складировав *обломки* в комнате *шале*. Он трудился несколько месяцев, но наконец выбрался на дневной свет, побледневший от долгого заточения в темноте, но набравшийся сил донести его до дома. Вместо ожидаемого теплого приема несчастный человек обнаружил, что его приняли как привидение. Священник изгнал из него нечистую силу и увез вдаль. Только много времени спустя был обнаружен путь его побега, и его история стала известна.

Возвращаясь к описанию *обломков*, которые с разной скоростью обрушиваются в потоки, мы обнаруживаем, что когда обломок сталкивается с действием этих мощных потоков, он быстро измельчается на куски, когда его выталкивают вниз по крутым каналам в низменность. Там, где камни такого размера, что поток может подтолкнуть их вперед, они движутся быстро; по крайней мере, в те моменты, когда поток бушует. Они бьются друг о друга и о твердые камни; чем больше они изнашиваются, тем меньше становятся и тем с большей готовностью продвигаются вперед. Там, где массы слишком велики, чтобы быть взбаламученными бурным течением, они остаются неподвижными до тех пор, пока грохот катящихся камней не уменьшит их до размеров, при которых они смогут присоединиться к великой процессии. Обычно те, кто посещает горы, видят их потоки только в их уменьшенном состоянии, когда вода не перемешивает камни и не в состоянии даже выдержать заряд грязи, поскольку все отделяемые материалы были сметены, когда потоки текли с большей силой. В сезон штормов условия совершенно иные; тогда вздувшиеся потоки, воды которых наполнены глиной и песком, несут с собой большое количество валунов, столкновения которых слышны за приглушенным ревом вод, свидетельствуя об очень большой энергии воздействия.

Когда отходы на склоне горы залегают под крутым углом, особенно там, где их накопление происходит из-за действия древних ледников, нередко случается, что при

размягчении почвы морозом большие массы материала устремляются вниз по склону в виде оползней. Наблюдатель с готовностью отмечает, что во многих горных регионах, как, например, в Белых горах Нью-Хэмпшира, крутые склоны часто изрезаны путями этих крупных оползней. Их движение, действительно, часто начинается со скользящего снега, который придает импульс камням и земле, с которыми он сталкивается при спуске. В месте, известном как Уайли Нотч, в Белых горах, в начале нынешнего столетия семья с таким именем была погребена под массой ледниковых отложений, которые с незапамятных времен лежали на склоне горы, пока сильный дождь, последовавший за периодом оттепели, не погнал эту массу вниз по склону. Хотя в этой стране было отмечено немного подобных катастроф, это потому, что в наших горах мало кто жил. Поскольку они становятся такими густонаселенными, как Альпы, мужчины, несомненно, будут страдать от этих несчастных случаев.

Поскольку объем горного потока увеличивается из-за слияния многих притоков, энергии его движущихся вод становится достаточно, чтобы сметать осколки, попадающие на его дно. До достижения этой стадии поток редко касается твердой породы под горой, основание течения покоится на более крупных рыхлых камнях, которые он был не в состоянии сдвинуть с места. На этом участке, вымощенном галькой, поскольку ручей не мог пробить скальный фундамент, мы не находим ущелий — фактически, вся эта верхняя часть водоточной системы своеобразно обусловлена тем фактом, что потоки имеют дело не со скальными породами, а с валунами или более мелкими рыхлыми фрагментами. Если они прорежут небольшой желобок, материалы с обеих сторон будут соскальзывать быстрее и вскоре выровняют кровать. Но когда ручьи в месте слияния набирают силу и могут сохранять свои русла чистыми, они вскоре образуют ущелье, по которому спускаются с верхних горных областей в более крупные долины, где их соединенные воды приобретают вид рек. Здесь следует отметить, что режущая сила воды, движущейся в потоке или волне, способность, которой она обладает для измельчения породы, полностью зависит от каменных обломков или режущих инструментов, которыми она вооружена. Чистая вода, благодаря своей текучести, может веками перемещаться по твердым камням, не изнашивая их; но по мере того, как она перемещает каменистые частицы любого размера, чем они крупнее, тем эффективнее работа, она изнашивает породу, по которой течет. Яркий пример этого можно найти там, где для мытья окон используется струя из шланга. Если вода чистая, на стекло это никак не повлияет; но если она мутная, содержащая частички песка, через некоторое время поверхность будет казаться мутной из-за множества царапин, нанесенных на нее твердыми частицами, перемещаемыми водой. В чем-то похожий случай происходит, когда ветер сносит песок с оконных стекол или бутылки, которая долгое время лежала на берегу. Стекло вскоре будет глубоко вырезано в результате воздействия, приобретая вид, который мы называем "земляным". Этот принцип используется в искусстве. Стеклянные сосуды или листы подготавливают для вырезания, наклеивая на их поверхности бумагу, вырезанную в виде фигурок. Затем материал подвергается воздействию струи воздуха или движущихся с паром песчинок; за короткое время полировка всей поверхности, которая не была защищена бумагой, разрушается, и она перестает быть прозрачной.

Переход от ручья к реке, хотя и не выделен географически, для наблюдательного глаза обозначается простой особенностью, а именно появлением аллювиальных террас, тех более или менее ровных куч переносимого водой *мусора*, которые скапливаются по берегам рек, что, действительно, составляет разницу между этими ручьями и стремительными течениями. Там, где горные воды движутся быстро, им удается уносить дальше отходы, которые они получают. Даже там, где каменные блоки цепляются за дно, проходит совсем немного времени, прежде чем они снова приходят в движение или измельчаются на куски. Если случайно обломок быстро скапливается, склон становится круче, и работа потока становится более эффективной. Когда поток приближается к подножию гор, где он не находит и не может создать крутых склонов, по которым мог бы течь, его скорость неизбежно уменьшается. С каждым уменьшением этого параметра его несущая способность очень быстро уменьшается. Таким образом, вода, текущая со скоростью десять миль в час, может толкать камни в четыре раза большей массы, чем она может перемещать, когда ее скорость снижается вдвое. В результате на низменностях с их относительно пологими склонами объединенным потокам, несмотря на увеличение объема потока, возникающего в результате их слияния, приходится откладывать значительную часть наносов.

Если мы посмотрим, где поток впадает в горную реку, мы заметим, что основной поток определенным образом сортирует вносимые в него отходы, унося только те части, которые позволяет ему выносить скорость течения, оставляя остальное для встраивания в берег в виде грубой террасы. Это скопление может простираться не намного ниже точки, где поток, принеший *обломки*, впадает в основной поток; однако немного ниже мы наверняка найдем еще одно такое слияние и второе скопление материала террасы. По мере увеличения этого вклада скопления террас вскоре становятся непрерывными, располагаясь то на одной, то на другой стороне реки, иногда гранича с обоими берегами ручья. В целом, можно сказать, что до тех пор, пока скорость падения потока превышает сто футов на милю, на нем обычно не образуется таких отложений обломочного материала. Ниже этой скорости спуска они склонны образовываться. Многое, однако, зависит от количества наносов, которые несет поток, и от его крутизны; более того, там, где вода проходит через ущелье в виде желоба с крутыми скалистыми склонами, она может выносить перед собой большее количество наносов, чем когда она пересекает широкую долину, через которую она проходит, возможно, извилистым путем.

На первый взгляд может показаться довольно тонким различием отделять потоки от рек по наличию или отсутствию террас. Однако, следуя вниз по течению и изучая его влияние на эти террасы и своеобразную историю обломков, из которых они состоят, мы понимаем, что эти последние скопления являются очень важными особенностями. Начинаясь сначала с небольших и несовершенных аллювиальных равнин, река по мере своего спуска к морю, набирая запас воды и количество *обломков*, которые поступают с этой водой с холмов, в то время как скорость падения и, как следствие, скорость течения уменьшаются, вскоре достигает стадии, когда она вовлечена в бесконечную борьбу с материалами террасы. Во время наводнений стены террас заставляют прилив перехлестывать через вершины этих скоплений. Из-за относительной разреженности воды за пределами русла и роста там растительности течение движется медленнее и, следовательно, откладывает

значительные отложения содержащегося в нем ила и песка. Это может привести к тому, что во время одного наводнения уровень террасы поднимется на несколько дюймов в высоту, что еще больше ограничит русло. Вдоль берегов Миссисипи и других крупных рек большая часть этого мусора выпадает вблизи ручья; небольшая его часть проникает на дальнюю сторону равнин, которые часто имеют ширину десять миль и более. В результате возводится широкое возвышение, своего рода естественный мол или дамба, в определенной степени сдерживающая паводковые воды, которые теперь могут поступать в "задние болота" только по руслам притоков. Каждое из этих болот обычно впадает в основной поток через отдельную небольшую речку, по берегам которой не образуются естественные дамбы.

Теперь мы должны отметить любопытное колебательное движение рек, которое впервые было хорошо замечено искусными инженерами Британской Индии. Это движение лучше всего можно проиллюстрировать его последствиями. Если на какой-либо реке, которая петляет по аллювиальным равнинам, построить причал таким образом, чтобы отклонять поток в любом месте, то направление, по которому он следует, будет изменено во время его последующего течения, это может быть на расстоянии сотен миль. Станет понятно, что в своих движениях река обычно ударяется сначала об один берег, а затем о другой. Ее вода, в общем, движется так же, как бильярдный шар, когда он перелетает с одной подушки на другую. Верно, что в потоке мы имеем те же условия движения; но там берега состоят либо из твердых пород, либо, если из обломков, они постоянно перемещаются в поток описанным выше образом. Однако в случае с рекой места ее столкновения часто находятся на мягких берегах, которые легко размываются под действием размывающего потока. При обычном ходе событий река, начинающаяся, как мы можем себе представить, с прямого русла, столкнувшись с каким-либо препятствием, возможно, даже с небольшим напором притока, направляется к одному берегу; оттуда она отскакивает и ударяется о другой. В каждой точке соприкосновения он срезает наносной слой. Он может выдержать лишь малую часть того, что получается таким образом; большая часть материала оседает на противоположной стороне ручья, но немного ниже, где образуется отмель. На этих отмелях находят опору влаголюбивые растения и даже некоторые деревья, такие как ивы и тополя. Когда ручей поднимается, наносы оседают в этом сплетении и вскоре расширяют аллювиальную равнину с соседнего берега, или, в более редких случаях, река впадает по обе стороны острова собственной постройки. Естественным результатом такого движения воды, подобного бильярдному шару, является извилистый путь потока. Чем меньше скорость ее падения и чем большее количество ила она получает из своих притоков, тем более извилистым становится ее русло. Это увеличение в тех частях изгибов реки, где обычно происходит осаждение, может быть ускорено посадкой деревьев. Таким образом, умелый владелец участка земли на южном берегу реки Огайо, усердно сажая ивы перед своим участком, за тридцать лет увеличил ширину своей пахотной земли более чем на акр. Когда автор настоящего рассказа сказал, что он грабит своих соседей по ту сторону ручья, он заявил, что их незнание законов течения реки является достаточным доказательством того, что они не заслуживают права владеть землей.

В первобытном состоянии страны влаголюбивые растения, особенно деревья, которые растут в чрезмерно влажных условиях, обычно обеспечивают определенную защиту от этих вторжений ручьев. Но когда река выходит из берегов, она может во время наводнения расширить свою ширину часто на расстояние сотен футов. Во время разливов Миссисипи иногда можно увидеть, как река за один день съедает акры земли вдоль одного из выступов своих берегов. Подорванные леса, попадающие в наводнение, присоединяются к огромной процессии дрейфующей древесины, состоящей из деревьев, которые были точно так же вырваны с корнем, которая занимает среднюю часть ручья. Эта полоса плавника часто имеет ширину в триста или четыреста футов, а запутанные стебли и ветви затрудняют переход лодки с одного берега реки на другой.

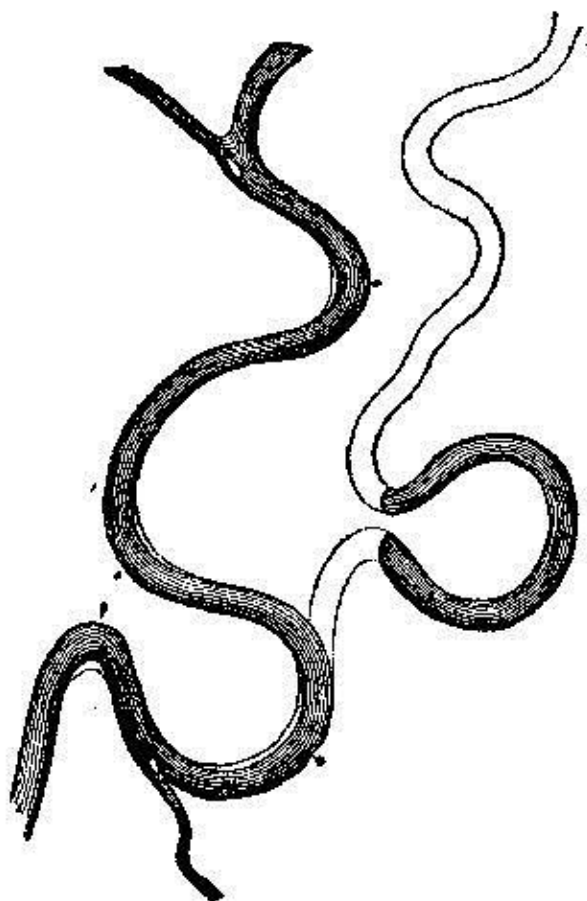


Рис. 11.—Старицы и обрыв. Показывает изменения в течении реки на ее аллювиальной равнине.

Когда изгибы реки развиваются до определенной точки (см. рис. 11), когда они приобретают то, что называется формой "старицы", часто случается, что поток прорывается через перешеек, соединяющий один из полуостровов с материком. Там, где, как это нередко бывает, излучина имеет длину десять миль или более, уровень воды непосредственно над и под новообразованным отверстием, как правило, отличается по высоте на несколько футов. Нырять вниз по склону, ручей, текущий с большой скоростью, вскоре расширяет русло, так что весь его прилив может идти более легким путем. Когда этот результат достигнут, старая излучина опустеет, поперек их устьев образуются песчаные отмели, которые могут постепенно разрастись до широких аллювиальных равнин, так что долго сохранившееся озеро в форме полумесяца, остаток русла реки, можно увидеть вдали от нынешнего течения постоянно меняющегося потока. Постепенно скопления растительного материала и ила, принесенные наводнениями, стирают этот ров, или старицу, как его обычно называют.

Как только река прорывается через горловину полуострова описанным выше способом, течение потока становится намного быстрее на многие мили ниже и выше отверстия. Постепенно, однако, уклоны изменяются на всем своем протяжении, однако на какое-то время ручей вблизи места изменения становится более прямым, чем раньше, и это по той причине, что его более быстрое течение позволяет лучше утилизировать *обломки*,

которые поступают в него. Эффект изменения течения, создаваемого такими новыми каналами, которые мы описали, как формирующиеся поперек перешейков излучин, заключается в изменении течения ручья на всей его последующей нисходящей длине. Таким образом, старица, образовавшаяся вблизи слияния рек Огайо и Миссисипи, может иметь тенденцию в большей или меньшей степени изменять изгибы Миссисипи вплоть до Мексиканского залива.

Хотя колебания ручьев взад и вперед на их аллювиальных равнинах дадут читателю некоторое представление о борьбе, которую большие реки ведут с *обломками*, которые им наносятся, полную меру работы и ее последствия могут оценить только те, кто изучал явления на местности. Такая река, как Миссисипи, бесконечно стремится нести свое бремя в море. Если бы его уклон представлял собой однородную наклонную плоскость, задача была бы легко выполнена; но на этом, как и почти на всех других крупных водных путях, уклон русла постоянно уменьшается по мере его продвижения вперед. Та же самая вода, которая в горном потоке Аппалачей или Кордильер катится по камням диаметром в несколько футов вниз по склонам высотой в сто футов или более на милю, в нижнем течении ручья не может перемещать гальку диаметром более четверти дюйма по склонам, которые спускаются в среднем примерно на полфута за милю. Таким образом, на каждом этапе от потока до моря обломок должен время от времени оставаться в наносных берегах, ожидая там медленно происходящего разложения, которое может довести его до состояния, при котором он может раствориться в воде или разделиться на фрагменты, настолько мелкие, что их может унести течение. Расчеты, сделанные автором настоящего произведения, показывают, что в среднем требуется около сорока тысяч лет, чтобы каменная частица спустилась по Миссисипи в море после того, как она оторвалась от своего первоначального ложа. Конечно, некоторым частицам может потребоваться гораздо больше времени для прохождения пути, который сама вода проделывает максимум за несколько недель. Эта длительная задержка в перемещении осколков — задержка, вызванная их частым залеганием на аллювиальной равнине, — приводит к важным последствиям, которые мы сейчас рассмотрим.

При постройке аллювиальной равнины мы обычно находим у основания галечный материал, который опускался на дно в течении основного потока по мере того, как берега расширялись наружу. Выше этого уровня мы находим отложения, нанесенные паводковыми водами, не содержащие гальки, и это по той причине, что более тяжелые куски оставались в русле ручья, когда прилив разливался по равнине. По мере образования аллювиальных отложений в них образовалось большое количество растительного материала. Как правило, это разложилось и исчезло. На поверхности равнины всегда росла изобилиибузная растительность, остатки которой разлагались на поверхности таким образом, какой мы можем наблюдать в наши дни. Это разлагающееся растительное вещество внутри и на поверхности пористого аллювиального материала производит большое количество углекислоты, газа, который легко проникает в дождевую воду и придает ей особую способность разрушать скальные породы. Воздействуя на *обломки*, эта насыщенная газом вода быстро вызывает распад фрагментов. Большая часть материала сразу переходит в раствор в этой воде и уносится через многочисленные источники, окаймляющие реку. Поскольку это вещество полностью растворяется, как и

сахар в воде, оно сразу же попадает в море, никогда больше не попадая на наносной слой. Во многих, если не в большинстве случаев, этой работы по растворению, происходящей на аллювиальных террасах, достаточно, чтобы привести большую часть содержащихся в них материалов в состояние, при котором они исчезают невидимым образом; таким образом, в то время как ежегодные наводнения постоянно откладывают скопления на поверхности этих равнин, источники уносят их снизу.

Таким образом, благодаря происходящему в них разложению, все эти речные террасы, где много растительного вещества смешано с минеральными веществами, становятся лабораториями, в которых вещества превращаются в раствор и попадают в моря. Мы находим в воде океана огромное количество растворенных минеральных веществ; действительно, представляется вероятным, что морская вода содержит некоторую долю, хотя обычно и небольшую, всех материалов, с которыми реки сталкиваются на своем пути по суше и под ней. Поскольку в морские воды поступает лишь небольшое количество этого растворенного вещества вдоль побережья, представляется вероятным, что большая его доля переходит в растворенное состояние в естественных лабораториях аллювиальных равнин.

Тут и там по бокам долин, в которых текут реки, мы обычно находим остатки древних равнин, лежащих на более или менее значительных высотах над уровнем ручьев. Как правило, эти отложения, которые по своей форме называются террасами, представляют собой стадии обрушения, благодаря которым поток проложил себе путь сквозь скалы. Большая часть этих древних аллювиальных равнин была удалена из-за непрерывного колебания потока взад и вперед в долине, которую он раскопал.

Во всех состояниях аллювиальных равнин, будь то плодородные отложения вблизи уровня ручьев, которые их образовали, или более бедные и грубые вышележащие террасы, они имеют огромную ценность для человечества. Люди рано узнали, что эти земли на редкость пригодны для сельскохозяйственного использования. Они настолько легкие, что их легко копали древними заостренными палками или каменными мотыгами, или обрабатывали старинным деревянным плугом. Они не только дают богатую отдачу при первом порабощении, но и, благодаря глубине залегания почвы и частоте, с которой на них обрушиваются удобряющие потоки, дают богатые урожаи без внесения удобрений в течение тысячелетий. Поэтому неудивительно, что мы обнаруживаем, что народы, которые зависели от обработки почвы в качестве средства к существованию, впервые появились на равнинах великих рек. Там, действительно, были заложены основы нашей высшей цивилизации; только там могло возникнуть государство, требующее от своих граждан постоянного проживания и непрерывного труда. В условиях, которые обеспечивали эти изобильные поля, была возможна плотная заселенность, и все искусства, ведущие к культуре, пользовались большим успехом. Таким образом, цивилизация Китая, Индии, Персии и Египта, положившая начало высшему развитию человека, зародилась вблизи устьев великих речных долин. Более того, эти области были наиболее благоприятно расположены для развития торговли, поскольку искусство мореплавания, зародившееся в защищенных местах рек, легко находило свой путь через устья рек в открытое море.

Проходя по течению великой реки по мере того, как она приближается к морю, мы обнаруживаем, что аллювиальные равнины обычно расширяются и становятся ниже. Наконец мы достигаем точки, когда паводковые воды покрывают поверхность на столь значительную часть года, что почва становится болотистой и непаханой, если только это не сделано искусственно и с большими затратами труда, привлеченными к сельскому хозяйству таким образом, каким эта задача была выполнена в нижней части долины Рейна. Еще дальше к морю равнина постепенно опускается вниз, пока не оказывается ниже уровня воды. На этом илисто-плоском участке ручей продолжает прорезать каналы, но с постоянно прогрессирующим замедлением его движения слой мелкого ила, который он несет, опускается на дно и постоянно перекрывает пути, по которым уходит вода. Каждые несколько лет они, как правило, прокладывают новый путь по ту или иную сторону от своего прежнего пути. Некоторые из величайших инженерных работ, выполненных в наше время, были выполнены инженерами, занятыми контролем выходов крупных рек в море. Разлив Желтой реки в 1887 году, когда поток, которому мешали его собственные скопления, проложил новый путь по своим аллювиальным равнинам, уничтожил огромное количество жизней и имущества и проложил новый съезд в семидесяти милях от того пути, с которого он сошел.

Ниже поверхности открытой воды аллювиальные отложения простираются широким веером, который постепенно переходит в точку, где дно, подобно континентальному шельфу, круто обрывается в глубокую воду.

У натуралистов принято отделять нижнюю часть речных отложений — ту часть скопления, которая находится вблизи моря, — от других аллювиальных равнин, называя нижнюю часть дельтой. Первоначально это слово вошло в обиход для описания той части аллювия, накопленного Нилом вблизи его устья, которая образует плодородную территорию, по форме напоминающую четвертую букву греческого алфавита. Хотя это определение хорошо подходит для египетского примера и имеет определенное применение в других местах, нам лучше всего рассматривать все обломки в долине реки, которая находится в состоянии покоя вдоль потока до его крайних ответвлений, как образующие одно большое целое. Это, действительно, одна из наиболее объединенных крупных особенностей, которые демонстрирует земля. Учащийся должен рассматривать его как непрерывную наклонную плоскость с уменьшающимся уклоном, простирающуюся от основания ручьев к морю и, конечно же, разветвляющуюся на несколько рукавов речной системы. Он также должен иметь в виду тот факт, что это огромная лаборатория, где горный материал доводится до растворимого состояния для доставки в моря.

Разнообразие форм речных долин чрезвычайно велико. Почти все разнообразие ландшафта обусловлено воздействием воды, которая действовала на поверхность в прошлые века. При первом возвышении над морем поверхность суши мало изменчива; на этой стадии развития реки имеют лишь неглубокие долины, которые обычно довольно прямолинейно прорезают равнину по направлению к морю. Именно тогда, когда поверхность поднялась на значительную высоту, и особенно когда, как это обычно бывает, это поднятие было связано с горообразованием, долины приобретают свою акцентированную и живописную форму. Причина этого легко понятна: она заключается в том факте, что породы, по которым протекает ручей, ориентируются при разрезании,

которое они производят, на различия твердости слоев, с которыми они сталкиваются. Работа, которую он выполняет, выполняется твердыми веществами, приводимыми в движение течением, в основном песком и галькой. Эти материалы, перемещаемые потоком, становятся разрушающими инструментами с очень значительной энергией. Как будет видно, когда мы вскоре перейдем к описанию водопадов, выбоины, образовавшиеся в этих местах, являются прекрасным доказательством способности кусков камня, выброшенных потоком, разрушать самые твердые породы дна. Естественно, легкость, с которой выполняется эта резьба, пропорциональна энергии потоков, а также относительной твердости движущихся долот и пород, по которым они перемещаются.

Пока породы лежат горизонтально в их естественном положении, на течение ручья не сильно влияют изменения твердости, которые проявляет дно. Там, где пласты очень твердые, вероятно, есть узкое ущелье, крутизна которого повышается с обеих сторон с небольшими аллювиальными равнинами; там, где ложе мягкое, долина расширяется, возможно, чтобы снова сжаться там, где в ходе своего спуска она натывается на другой твердый слой. Однако там, где русла подверглись горообразованию и приняли очень разнообразные положения в результате складчатости и разломов, ручей то здесь, то там встречает русла, которые либо сдерживают его течение, либо дают ему свободу. Затем поток вынужден прокладывать себе путь в соответствии с положением различных нижележащих пластов. Это влияние на его течение обусловлено не только особенностями поднятых горных пород, но и многочисленными случайностями другой природы: жилами и дамбами, которые часто перекрывают пласты более твердыми или мягкими перегородками, чем основная порода; локальное затверждение материалов из-за кристаллизации и других химических процессов часто создает неопишуемые вариации, которые более или менее полно проявляются на пути потока.

Когда суша недавно поднялась над уровнем моря, часто — можно даже сказать, вообще — существует очень большая разница между высотой ее верховьев и уровнем океана. В этом состоянии страны реки приобретают то, что мы могли бы назвать новым аспектом; их долины обычно узкие и довольно крутые, водопадов, как правило, предостаточно, а аллювиальные террасы относительно невелики по протяженности. Постепенно потоки проникают все глубже; отходы, которые они производят, затрудняют течение нижних слоев воды, где вырубка в больших масштабах невозможна по той причине, что русло ручья находится близко к уровню моря. В то же время наносные материалы, скапливающиеся в море, таким образом, уменьшают уклон ручья. Из-за крайней старости речной системы горы съедаются, так что участок течения исчезает, и ручей становится чем-то вроде равномерного склона; более высокие аллювиальные равнины постепенно опустошаются, пока в конце концов долина не утрачивает характерных черт. На этой стадии процесса или даже до того, как он будет достигнут, долина, вероятно, погрузится под воду, где она будет погребена под отложениями, образовавшимися на дне; или может произойти дальнейшее поднятие суши, в результате чего ручей омолаживается; или еще разнаделится способностью создавать потоки, создавать аллювиальные равнины и выполнять другую интересную работу, присущую обычной реке.

Редко, если вообще когда-либо, случается, чтобы речная долина доживала до старости до того, как она погрузится под воду или будет обновлена дальнейшими поднятиями. В

нестабильных условиях континентов склонен протекать тот или иной из этих процессов, иногда оба вместе в разных местах. Таким образом, если мы возьмем случай Миссисипи и ее основных притоков, Огайо и Миссури, мы обнаружим, что на протяжении многих геологических эпох горы вокруг их истоков часто, если не постоянно, поднимались вверх, так что участки их течения, хотя и прошли десятки тысяч футов, все еще находятся высоко над уровнем моря, возможно, в среднем на такой же высоте, как они когда-либо были. В то же время небольшие колебания береговой линии вверх-вниз, составляющие в целом менее пятисот футов, сильно повлияли на русла главной реки и ее притоков в их нижних частях. Не так давно Миссисипи между Каиром и Персидским заливом протекала в долине с довольно крутыми склонами, вероятно, глубиной в несколько сотен футов, ширина которой составляла много миль. Затем, в конце последнего ледникового периода, регион опустился так, что море затопило долину до точки выше нынешнего слияния реки Огайо с основным потоком. С тех пор аллювиальные равнины заполнили это устье даже за пределами первоначального устья. Во многих других наших Южных реках, например, вдоль побережья от Миссисипи до Гудзона, потоки не принесли достаточно мусора, чтобы заполнить их затопленные долины, которые теперь называются заливами, из которых хорошими примерами являются Делавэр и Чесапик на Атлантическом побережье и Мобил-Бей в Мексиканском заливе. Недостаточное заполнение Чесапикского и Делавэрского заливов *обломками* в той мере, в какой это наблюдается в более южных долинах, объясняется тем фактом, что ручьи, впадающие в них, в значительной степени вытекают из региона, густо покрытого ледниковыми отходами, массой, которая удерживает паводковые воды, но медленно передавая их потокам, которые там имеют лишь незначительную режущую силу.

В нашем очерке речных долин не было уделено внимания феномену водопадов, тем случайностям течения, которые, как мы уже отмечали, особенно характерны для рек, которые еще не опустились почти до уровня моря. Там, где нормальный равномерный спуск, характерный для русла реки, прерывается внезапным обрывом, этот факт всегда указывает на возникновение одного из ряда геологических процессов. Самая распространенная причина возникновения водопадов связана с внезапным изменением характера горизонтального или, по крайней мере, почти ровного русла, по которому может протекать ручей. Там, где после прохождения некоторого расстояния по твердому слою ручей достигает его края и падает на мягкий или легко размываемый слой, он срежет это последнее русло и создаст более или менее характерный водопад. Стекая по поверхности твердого слоя, поток набирает скорость; *обломки*, которые он несет, ударяются о дно и, следовательно, сильно режут, в то время как раньше, когда он только терся о камень при движении, он резал лишь слегка. Массы льда оказывают то же действие, что и камни. Осколки, падающие с уступа, часто кружатся под действием водоворотов, так что они выкапывают отверстие, которое предотвращает их случайный побег. В этих замкнутых пространствах они работают как шнеки, высверливая глубокую полость, похожую на колодец. По мере изнашивания куски камня заменяются другими, которые падают сверху. Работая таким образом, фрагменты часто образуют правильные углубления, похожие на колодцы, полости которых уходят обратно под скалы, и в процессе подрыва лишают поверхность стены ее опоры, так что она в виде руин

обрушивается к основанию, чтобы там образовалось больше материала для образования выбоин.

Водопады описанного выше типа, безусловно, самые распространенные из тех, что встречаются в районах с бурными потоками большой речной системы. Водопад Ниагары - превосходный образец того типа, который, хотя и редко проявляется в чем-либо подобном достоинству грейт-фолла, в изобилии проявляется по всей долине Миссисипи и бассейну Великих озер. В радиусе ста миль от Ниагары есть по меньшей мере сотня небольших водопадов того же типа. Вероятно, три четверти всех крупных аварий такого рода происходят из-за условий твердого пласта, перекрывающего более мягкие слои.

Водопады также во многих случаях образуются из-за дамб, пересекающих ручьи. Точно так же, хотя и редко, известен только один поразительный пример: древний коралловый риф, погребенный под толщами, может образовывать породу такой твердости, что, когда река пересекает его, она образует каскад, как у водопадов Огайо в Луисвилле, Кентукки. Характерной чертой всех других водопадов, за исключением первого упомянутого, является то, что они редко заканчиваются чистым прыжком вниз над поверхностью пропасти, которая отступает у ее основания, но спускаются по неровной наклонной поверхности.

В районе бурных рек водопадов обычно очень много, и, как правило, из-за различной твердости пород, с которыми сталкиваются ручьи. Здесь, где режущее действие происходит с большой скоростью, небольшие различия в сопротивлении, которое камни оказывают работе, приведут к большим изменениям формы русла, по которому они текут, в то время как на более пологих днищах рек, где *обломки* перемещаются медленно, такие изменения были бы несущественны по своему эффекту. Когда потоки сбегает в долины основных рек, в регионах, где большие потоки прорезали глубокие ущелья, они часто низвергаются с большой вертикальной высоты, образуя чудесные водопады, подобные тем, что встречаются в знаменитой долине Лаутербруннен в Швейцарии или в долине Йосемити в Калифорнии. Эта группа каскадов своеобразна тем, что крутизна падения создается не самим потоком, а действием более крупной реки или ледника, который, возможно, некоторое время занимал ее место.

Водопады представляют как экономический, так и живописный интерес, поскольку они предоставляют источники энергии, которые могут быть очень большим преимуществом для производителей. Таким образом, вдоль атлантического побережья ручьи, берущие начало с Аппалачского нагорья и которые, едва выйдя из своего русла, достигают моря, образуют многочисленные водопады, которые были развиты таким образом, что они обеспечивают огромное количество энергии. Между реками Джеймс на юге и Сент. Круа на севере более сотни из этих аппалачских рек были использованы в хозяйственных целях. Промышленное искусство этой части страны во многом зависит от них в том, что касается мощности, приводящей в движение их машины. Все Соединенные Штаты из-за значительных размеров своих рек и их относительно быстрого разлива в изобилии наделены этим источником энергии, которая, беря начало в солнечном тепле и передаваясь через дождь, может быть использована для удовлетворения потребностей человека. Учитывая тот факт, что недавние изобретения позволили преобразовать эту

энергию падающей воды в форму электричества, которое может передаваться на большие расстояния, представляется вероятным, что наши реки в будущем станут большим источником национального богатства.

Мы должны снова обратиться к речным долинам, чтобы проследить там определенные действия, менее очевидные, чем те, которые уже были отмечены, но имеющие большое значение для определения этих особенностей местности. Во-первых, мы должны отметить, что в долине или регионе, дренируемом рекой, имеет место другое разрушающее действие, отличное от того, которое осуществляется прямой работой видимого потока. По всей такой долине подземные воды, просачиваясь сквозь почву и проникая сквозь подстилающую породу, постоянно удаляют часть минеральных веществ, которые они превращают в раствор и уносят в море. Таким образом, лишённые части своего вещества, горные породы постоянно оседают нижним слоем по всему бассейну, в то время как локально они разрушаются под действием потока. Отчасти отсюда следует, что в речном бассейне мы обнаруживаем две противоположные черты — общий и часто небольшой уклон местности в сторону основного потока и его более крупных притоков и резкое углубление ущелья, по которому текут ручьи, причем последнее вызвано непосредственным и недавним действием потоков.

Если теперь читатель вообразит себя стоящим в какой-либо точке речного бассейна, предпочтительно за пределами царства бурных потоков, он может, руководствуясь отмеченными ранее фактами, немного задействовав воображение, увидеть, какие обширные возможности для восприятия может открыть ему история речной долины. Он стоит на поверхности почвы, того *обломка* горных пород, который только начинается на своем пути к океану. В том же регионе десять тысяч лет назад он стоял бы на поверхности от одного до десяти футов выше нынешнего почвенного покрова. Миллион лет назад его станция находилась бы, возможно, на пятьсот футов выше поверхности. Десять миллионов лет назад, за период, меньший, чем продолжительность жизни некоторых рек, таких как Французская Брод-Ривер в Северной Каролине, почва, вероятно, находилась на высоте пяти тысяч футов или более над своей нынешней плоскостью. Действительно, известны случаи, когда речные долины, по-видимому, безостановочно опускались из-за погружения суши под море на глубину по меньшей мере двух миль. Глядя вверх через пространство, которое когда-то занимали скалы, мы можем представить себе действие сил в их гармоничном взаимодействии, которые медленно опускали поверхность вниз. Мы можем представить себе непрерывную коррозию, вызванную грунтовыми водами, приводящую к постоянному, хотя и медленному опусканию всей поверхности. Снова и снова потоки, раскачиваясь взад и вперед под воздействием подстилающей породы или препятствий, которые налагали на себя *обломки*, которые они несли, пересекали поверхность. Время от времени, возможно, износ усиливался из-за воздействия ледников, поскольку ледяной покров часто прорезается со скоростью, во много раз превышающей ту, которую может достичь жидкая вода. В целом, это упражнение конструктивного воображения в представлении истории речной долины является одной из наиболее масштабных задач, которые может решить геолог.

Там, где в долине реки много боковых потоков, и особенно там, где процесс растворения, осуществляемый подземными водами, наиболее эффективен, по сравнению с

эрозионными работами, проводимыми в русле главной реки, мы обычно обнаруживаем пологий уклон долины к ее центру, а реки имеют лишь небольшие крутизны у своих берегов. С другой стороны, там, где, как это иногда случается, значительный поток, подпитываемый дождями и снегопадами на своем участке, протекает на большое расстояние по высоким засушливым равнинам, на которых грунтовые воды и притоки оказывают незначительное воздействие, бассейн может иметь очень небольшой уклон к берегам реки и там опускаться на большую глубину, образуя очень глубокие ущелья, наиболее совершенным типом которых является каньон Колорадо. В качестве примеров таких контрастных условий мы можем взять, с одной стороны, верховья Миссисипи, где уклоны по направлению к основному течению пологие, а ущелье в долине лишь слегка выражено; с другой стороны, вышеупомянутый Колорадо, который несет большой прилив воды, поступающей из высокогорного и относительно дождливого региона Скалистых гор через обширное плато, лежащее в стране, где почти нет дождей. На этом участке почти весь снос был вызван прямым течением ручья, который превратил возвышенную равнину в глубокое ущелье во время медленного подъема плоскогорья до его нынешней высоты. Таким образом, в преимущественно довольно равнинной местности было создано ущелье глубиной почти в милю. В этом ущелье есть места, где несколько крупных притоков проделали подобную работу, но, в целом, эта река течет в почти непрерывном русле, выемка которого была вызвана ее быстрыми, несущими гальку водами.

Тенденция новообразованной реки состоит в том, чтобы образовать более или менее отчетливый каньон. По мере того как бассейн становится древним, этот элемент ущелья имеет тенденцию исчезать, причина этого в том, что, хотя русло реки находится высоко над уровнем моря, течение быстрое, а спуск стремительный, в то время как медленное опускание местности по обе стороны - процесс, который происходит с одинаковой скоростью — приводит к тому, что поверхность этого региона остается позади в гонке за уровнем моря. По мере приближения русла ручья к уровню моря скорость его спуска уменьшается, и поэтому отдаленная местность постепенно догоняет его.

В регионах, где зимы очень холодные, влияние льда на развитие русел ручьев как в притоках, так и в речных участках долины имеет важное значение. Эта работа выполняется несколькими различными способами. Во-первых, там, где ручей чистый и течение не слишком быстрое, камни на дне излучают свое тепло через воду и таким образом образуют на своей поверхности лед, который может достигать значительной толщины. Поскольку лед значительно легче воды, в результате часто поднимаются камни со дна, если они не слишком велики; оторванные таким образом от дна, они легко плывут вниз по течению до тех пор, пока лед не растает. Лед, образующийся на поверхности воды, также сковывает гальку вдоль берегов, и во время последующего таяния может унести ее на сотни миль в сторону моря. Из некоторых наблюдений, сделанных автором, представляется вероятным, что таким образом из реки Аллегани в главное русло Миссисипи могло быть перенесено значительное количество камней.

Возможно, наиболее важное воздействие льда на русла рек достигается, когда во время паводка ледяное поле, покрывавшее ручей, возможно, на глубину нескольких футов, разбивается на огромные льдины, которые дрейфуют вниз по течению. Когда, как на реке

Огайо, эти поля иногда имеют площадь в несколько сотен акров, они часто выходят на берег, особенно там, где ручей делает крутой изгиб. Подгоняемые инерцией, эти льдины образуют подобие плотины, толщина которой может достигать двадцати, тридцати или даже пятидесяти футов. Начиная с берега, где происходит столкновение, плотина может быстро образоваться поперек ручья, так что через несколько минут путь водам будет полностью перекрыт. Надвигающийся лед поднимается при скоплении, увеличивает его высоту и протягивает вверх по течению, так что через час эта масса полностью перекрывает течение. Затем воды куче до тех пор, пока они разбивают свой путь через препятствия, мытьИнг ее вершине, пока весь это достаточно легкий, чтобы быть вынужденным вниз по течению, где, за счет трения, которые он встречает на дно и стенки канала, она разбивается на куски. Легко видеть, что такие движущиеся ледяные плотины могут подметать русло реки, как большой метлой.

Иногда там, где ущелья не образуют стационарной плотины, большие глыбы льда поворачиваются по краям и скапливаются так, что катятся вниз по течению, как огромные колеса, перемалывая на ходу камни русла.

В странах высокогорного севера, таких как Сибирь, реки, даже самые глубокие, часто замерзают настолько, что их русла полностью закупориваются. Там, где, как в случае с этими сибирскими реками, течение идет с юга на север, часто случается, что весеннее таяние наступает до того, как более северные русла основного потока освобождаются от оков мороза. В этом случае наводнениям приходится находить новые пути по обе стороны от перекрытого пути. В результате получается тип долин, характеризующийся очень неправильными и изменчивыми руслами рек, у которых нет возможности организовать в плавные изгибы, по которым они обычно следуют.

Запас, попадающий в реку, состоит, как уже было между прочим отмечено, из части воды, которая проходит под землей большее или меньшее расстояние, прежде чем всплыть на поверхность, и из части той, которая движется непосредственно по земле. Эти две доли воды имеют несколько разную историю. От доли этих двух зависит стабильность потока. Там, как в Новой Англии и других странах, покрытых оледенением, поверхность земли покрыта толстым слоем песка и гравия, который, за исключением замерзания, легко пропускает воду; осадки в очень значительной степени поглощаются землей, и лишь медленно передаются ручьям. В этих случаях наводнения случаются редко и не обладают большой разрушительной силой. Опять же, там, где бассейн реки также покрыт густым лесным покровом, почва под которым покрыта, как в случае с первобытными лесами, слоем разлагающейся растительности глубиной в фут или больше, эта губчатая масса удерживает воду даже более эффективно, чем ледниковые отложения открытой структуры, упомянутые выше. Однако, когда леса с такой территории убирают, дождь может стекать в ручьи почти так же быстро, как он попадает в водосточные желоба с крыш домов. Таким образом, получается, что все регионы, сведенные к обработке почвы и где осадков достаточно для поддержания хорошего сельского хозяйства, чрезвычайно подвержены разрушительным наводнениям, за исключением тех случаев, когда они покрыты ледниковыми отходами.

К сожалению, риск речных наводнений особенно велик во всех регионах Соединенных Штатов, лежащих значительно восточнее Скалистых гор, за исключением бассейна Великих озер и округа Новая Англия, где преобладание ледниковых песков и гальки обеспечивает защиту, о которой мы упоминали. По всему этому региону выпадают обильные осадки, и большая их часть обычно выпадает после того, как земля покрыта глубоким снегом. Результатом является череда разрушительных наводнений, которые уже наносят большой ущерб творчеству человека и обещают стать еще более разрушительными с течением времени. Больше, чем в какой-либо другой стране, мы нуждаемся в защите, которую могут дать нам леса от этих катастрофических истощений наших ручьев.

ОЗЕРА.

Рассматривая путь воды от вершин холмов к морю, мы должны принять во внимание те паузы, которые она делает на своем пути, когда на какое-то время впадает в бассейн озера. Эти остановки в нисходящем движении воды, которые мы называем озерами, чрезвычайно многочисленны; их надлежащее обсуждение, действительно, потребовало бы значительного объема. Здесь мы отметим только наиболее важные из их особенностей, те, которые представляют интерес для обычного исследователя.

Первое и наиболее примечательное отличие озер - это то, что отделяет группу мертвых морей от живых бассейнов с пресной водой. Когда ручей достигает места, где его воды должны расширяться до озерноподобной формы, течение движется медленно, а широкая поверхность, открытая воздуху, допускает большое количество испарения. Если бассейн велик пропорционально количеству поступающей воды, это испарение может превысить поступление и образовать море без выхода, подобное тому, которое мы находим в Мертвом море Иудеи, в Солт-Лейк-сити, штат Юта, и во множестве других менее важных бассейнов. Если скорость испарения будет еще больше пропорционально стоку, озеро может полностью пересохнуть, а река испарится до того, как достигнет бассейна, где она могла бы накапливаться. В этом случае говорят, что река тонет, но вместо того, чтобы погружаться в землю, ее воды на самом деле поднимаются в воздух. Много таких стоков происходит в центральной части района Роки Маунтин. Важно отметить, что процесс испарения, который мы описываем, происходит во всех озерах, хотя только кое-где воздух настолько сух, что испарение предотвращает переполнение бассейна в самой низкой точке его края, образуя реку, которая оттуда впадает в море. Даже в случае с Великими озерами Северной Америки значительная часть воды, впадающей в них, не попадает в реку Святого Лаврентия, а оттуда в море. Пока озеро впадает в море, его воды содержат лишь немногим больше растворенных минеральных веществ, чем те, которые мы находим в реках. Но поскольку вся вода, которая контактировала с землей, содержит некоторые растворенные минеральные вещества, в то время как то, что уходит при испарении, является чистой водой, озеро без выхода постепенно настолько насыщается этими веществами, что оно больше не может удерживаться в растворе, но продолжает откладывать их в виде отложений того сложного вещества, которое по своему основному ингредиенту мы называем солью. Вода мертвого моря из-за дополнительного веса веществ, которые она содержит, необычайно плавучая. Пловец отмечает разницу в этом отношении в водах рек и пресноводных озер и в водах моря, обусловленную той же причиной. Но в тех частях мертвых морей, которые насыщены солеными веществами, человеческое тело не может утонуть так, как это происходит в обычных условиях погружения. Легко понять, как залежи соли, которые добываются во многих частях света, обычно, если не во всех случаях, образовывались в таких мертвых морях.^[5]

Интересным фактом является то, что почти все известные мертвые моря в недавние геологические времена были живыми озерами — то есть они переливались через край. В Кордильерах от границы между Канадой и Соединенными Штатами до центральной Мексики есть несколько таких бассейнов. Все те из них, которые были изучены, судя по их

старым береговым линиям, когда-то были полны до краев и только сузились в наше время. Эти условия позволяют сделать вывод о том, что количество осадков в разных регионах сильно варьируется в течение геологического периода. Дополнительным подтверждением этого является тот факт, что на побережье Луизианы и в северной Европе существуют очень большие отложения соли — регионы, в которых количество осадков сейчас настолько велико по сравнению с испарением, что мертвые моря невозможны.

Возвращаясь теперь к вопросу о том, как образуются озерные бассейны, мы отмечаем большое разнообразие условий, которые могут привести к их образованию. Величайшим фактором или, по крайней мере, тем, что действует при строительстве самых больших бассейнов, являются нерегулярные движения земли, вызванные горообразующими силами. Там, где эта работа ведется в больших масштабах, неизбежно образуются котловинчатые впадины. Если бы все те, что существовали, остались, ими была бы покрыта большая часть земель. Однако в большинстве случаев режущего действия потоков было достаточно, чтобы опустить дренажные каналы на дно желоба, в то время как приток отложений способствовал дальнейшей работе, заполняя полости. Таким образом, в конце мелового периода вдоль восточного подножия Скалистых гор тянулась цепь озер, образующих пресноводные моря, вероятно, такие же большие, как так называемые Великие озера Северной Америки. Но реки, вырубая и распахивая почву, уже давно уничтожили эти акватории. В других случаях наклоны континента, которые иногда препятствуют течению ручьев, могут на какое-то время превратить верхнюю часть речного бассейна, которая первоначально имела пологий уклон к морю, во впадину. Несколько случаев подобного рода произошли в Новой Англии на завершающих стадиях ледникового периода, когда земля поднималась к северу.

Мы уже отмечали тот факт, что бассейн мертвого моря со временем становится местом обширных отложений соли. Их толщина действительно может достигать многих сотен футов. Если бы сейчас, в более поздней истории страны, участок земли с залегающей под ним солью был пересечен ручьем, его подземные воды могли бы растворить соль и каким-то образом восстановить бассейн в его первоначальном незаполненном состоянии, хотя и во втором состоянии живого озера. Представляется весьма вероятным, что, по крайней мере, часть районов озер Онтарио, Эри и Гурон может быть вызвана удалением древних отложений соли, остатки которых погребены в земле в регионе, граничащем с этими бассейнами.

Безусловно, самая распространенная причина образования озерных бассейнов кроется в неровностях поверхности, образовавшихся в результате заселения страны ледниками. Когда эти огромные ледяные пласты лежат на суше, они движутся вниз по склонам, на которых покоятся; они энергично изнашивают подстилающие породы, вырубая их пропорционально их твердости. Поскольку эти породы обычно различаются по сопротивлению, которое они оказывают льду, в результате, когда ледник сходит, поверхность больше не имеет продолжающегося спуска, который образуют реки, а деформируется очень сложным образом. Эти впадины представляют собой естественные бассейны, в которых собираются озера; их площадь может варьироваться от нескольких квадратных футов до многих квадратных миль. Когда стеклозанимает территорию

страны, тающий лед откладывает на поверхности земли огромное количество каменистых *обломков*, которые содержались в его массе. Этот обломок накапливается неравномерно; частично он расположен в виде морен или грубых насыпей, образованных на краю ледника, частично в виде неровного слоя, то толстого, то тонкого, который покрывает все поле, на котором лежал лед. Результатом этого действия является образование бесчисленных бассейнов, которые продолжают существовать до тех пор, пока ручьи не прорежут каналы, по которым их воды смогут стекать, или пока бассейны не заполнятся детритом, привезенным из окружающей страны, или скоплениями торфа, которые растения образуют в таких местах.

Несомненно, более девяти десятых всех озерных бассейнов, особенно небольших размеров, которые существуют в мире, образованы неровностями поверхности суши, вызванными действием ледников. Хотя большая часть этих небольших бассейнов была стерта с лица земли с тех пор, как лед покинул эту страну, количество все еще оставшихся бассейнов достаточного размера, чтобы их можно было нанести на хорошую карту, невообразимо велико. Только в Северной Америке насчитывается, вероятно, более ста пятидесяти тысяч таких ледниковых озер, хотя гораздо большая часть тех, которые существовали, когда исчез ледниковый покров, были уничтожены.

Еще одна интересная группа пресноводных озер, или, скорее, мы должны называть их озерцами из-за их небольшого размера, обязана своим происхождением любопытным подземным раскопкам или пещерам, которые образуются в известняковых странах. Вода поступает в эти пещеры через так называемые "сливные отверстия" — впадины на поверхности, которые плавно наклоняются к центральному отверстию, через которое вода стекает в нижележащие глубины. Чаши отверстий для слива редко превышают полмили в диаметре и обычно намного меньше. Их бассейны были вырыты в результате растворяющего и режущего действия дождевой воды, которая собирается в них для сброса в пещеру вниз. Часто случается, что после образования сливного отверстия какая-нибудь незначительная авария закрывает ведущую вниз шахту, так что бассейн удерживает воду; таким образом, в некоторых частях Соединенных Штатов существуют тысячи таких почти круглых бассейнов, которые в определенных районах, например в южном Кентукки, служат для изменения ландшафта почти таким же образом, как ледниковые озера более северных стран.

Некоторые из самых красивых озер в мире, хотя и не превышают нескольких миль в диаметре, занимают кратеры потухших вулканов. Когда на время или навсегда вулкан прекращает выполнять свою работу по извержению пара и расплавленной породы из глубин земли, в яме в центре конуса собирается дождевая вода, образуя глубокое круглое озеро, окруженное отвесными стенами кратера. Если вулкан вновь пробуждается, вода, которая блокирует его проход, может быть выброшена в одно мгновение, при этом выбросы в некоторых случаях распространяются на большое расстояние от конуса и снова скапливаются, когда жерло перестает быть открытым. Самые красивые из этих вулканических озер находятся в регионе к северу и югу от Рима. Первоначальная резиденция латинского государства находилась на берегу одного из таких кратеров, к югу от Вечного города. Лаго Больсена, лежащее к северу и являющееся одним из крупнейших известных бассейнов подобной природы, имеющим в диаметре около восьми миль,

представляет собой кратерное озеро. Вулканический конус, к которому он относится, хотя и невысокий, имеет большие размеры, свидетельствующие о том, что во времена своей активности, которая длилась не очень долго, этот кратер был местом мощных выбросов. Самый благородный образец этой группы бассейнов находится в озере Крейтер, штат Орегон, которое сейчас находится в одном из национальных парков Соединенных Штатов.

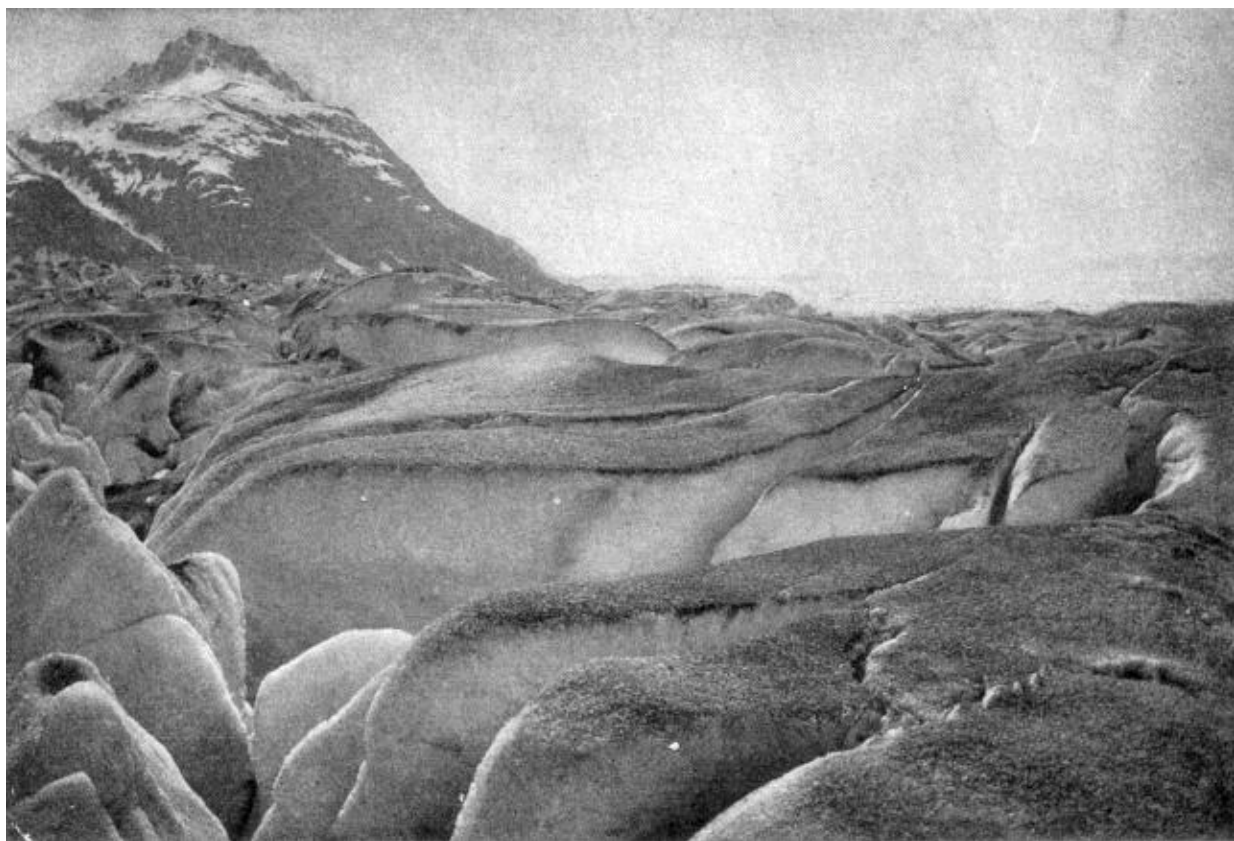
Замкнутые водоемы образуются иными способами, чем описанные; приведенный выше список включает все важные классы действий, которые приводят к появлению этих интересных особенностей. Теперь мы должны отметить тот факт, что, в отличие от морей, озера следует рассматривать как временные особенности физиографии суши. Все они, как один, существуют лишь короткое геологическое время по той причине, что ручьи разрушают их, заполняя осадочными породами и прокладывая каналы, по которым стекают их воды. Природу этого действия можно хорошо себе представить, рассмотрев, что со временем произойдет на Великих озерах Северной Америки. Поскольку уровень Ниагарского водопада снижается в среднем на несколько футов в год, пройдет лишь короткий геологический период, прежде чем они начнут опускать воды озера Эри. Действительно, весьма вероятно, что через двадцать тысяч лет воды этого бассейна будут в значительной степени истощены. Когда это произойдет, в канале, который ведет от озера Гурон к озеру Эри, возникнет еще одно понижение или стремительность. Оно, в свою очередь, будет проходить процесс отступления, пока прежнее водное пространство не исчезнет. Затем работы будут продолжены на выходах из озер Мичиган и Верхнее, и со временем, если не проводить некоторые мероприятия, воссоздающие эти бассейны, их дно превратится в сушу.

Интересно отметить, что озера в некотором смысле обязаны сохранением своих бассейнов воздействию, которое они оказывают на впадающие в них воды. Эти реки или стремительные течения обычно несут большое количество наносов, которые размывают их русла и, таким образом, понижают уровень воды в их руслах. Во всех озерах, кроме небольших, эти мутные воды откладывают весь свой осадок до того, как достигают выхода из бассейна. Таким образом, они стекают по краевой породе в идеально чистом состоянии — состоянии, в котором, как мы отмечали ранее, вода не способна истирать твердую породу. Таким образом, там, где река Ниагара вытекает из озера Эри, ее чистая вода почти не влияет на камень, по которому она протекает. Он только начинает выполнять режущие работы, когда спускается с обрыва водопада и приводит в движение обломки, которые постоянно падают с этого скалистого склона. Эти водопады не могли начаться так, как они начались на берегу озера Онтарио, если бы не тот факт, что, когда река Ниагара начала течь, как в относительно современные времена, она обнаружила старый обрыв на берегу озера Онтарио, образованный волнами озера, вниз по которым падали воды, и где они раздобыли режущие инструменты, с помощью которых можно было подорвать кручу, образующую водопад.

Многие великие озера, особенно те, которые мы только что рассматривали, неоднократно меняли свои истоки, в зависимости от того, колебалась ли поверхность суши, на которой они лежат, вверх и вниз в различных направлениях, или же ледниковые покровы закрывали или не закрывали первоначальные истоки бассейнов. Так, в Лаврентийских озерах над провинцией Онтарио геолог находит свидетельства того, что дренажные

линии снова и снова менялись. Какое-то время в ледниковый период, когда озеро Онтарио и долина Святого Лаврентия были покрыты льдом, сток направлялся на юг, в верховья Миссисипи или Огайо. На более позднем этапе были образованы каналы, ведущие из Джорджиан-Бэй в восточную часть Онтарио. Однако позже, когда последнее по названию озеро обнажилось, в реке Святого Лаврентия, по-видимому, сохранилась ледяная плотина, которая сдерживала подъем воды на такую высоту, что она сбрасывалась через долину Мохок в Гудзон. Более того, когда-то до ледникового периода, мы точно не знаем, когда именно, по-видимому, существовала старая река Ниагара, ныне заполненная дрейфом, которая текла из озера Эри в Онтарио по руслу, отличному от того, которое занимает нынешний поток.

Влияние озер на речные системы, с которыми они связаны, во многих отношениях является наиболее важным. Там, где они имеют значительную протяженность или где даже небольших размеров очень много, они служат для удержания паводковых вод, медленно доставляя их в текущие ручьи. Поднимаясь на один фут, озеро может накапливать больше воды, чем река за счет своего последующего подъема в месте оттока унесет за многие месяцы, и это по той простой причине, что озеро может быть во много сотен или даже тысяч раз шире ручья. Более того, как отмечалось ранее, наносы, собираемые ручьем выше уровня озера, оседают в его бассейне и не влияют на низовья реки. В результате великие реки, такие как вытекающие из Лаврентьевских озер, имеют чистую воду, не подвержены наводнениям, практически не имеют аллювиальных равнин или террас и не образуют дельтовых отложений. Во всех этих чертах река Святого Лаврентия представляет собой удивительный контраст с Миссисипи. Более того, из-за чистой воды, хотя река течет уже долгое время, ей так и не удалось преодолеть небольшие препятствия, образующие ее пороги, барьеры, которые, вероятно, были бы устранены, если бы ее воды были заполнены отложениями.



Ледник Мьюир, Аляска, видны трещины и слой пыли на поверхности льда.

ГЛАВА VI.

ЛЕДНИКИ.

Мы уже отмечали тот факт, что вода в облаках очень часто находится в замороженном состоянии; большая часть той жидкости, которая испаряется из моря, приобретает твердую форму, прежде чем вернуться на землю. Тем не менее, при спуске по меньшей мере девять десятых осадков возвращается в жидкое состояние и выполняет ту работу, которую мы отметили в нашем описании воды. Однако там, где вода поступает на землю в замороженном состоянии, она играет роль, совершенно отличную от той, которую играет текущий материал.

Начиная свой спуск на землю в виде снежинки, маленькая масса падает медленно, так что, когда она ударяется о землю, удар, который она наносит, настолько незначителен, что не оказывает эффективного действия. В состоянии снега, даже в виде отдельных хлопьев, замерзшая вода содержит относительно большое количество воздуха. Именно этот воздух, разделяя лед на множество хлопьев, отражающих свет, придает ему белый цвет. Этот важный момент можно продемонстрировать, разбивая прозрачный лед на мелкие кусочки, когда мы видим, что он имеет оттенок снега. Почти такой же эффект достигается при измельчении стекла в порошок и по той же причине.

По мере того, как снежинки накапливаются слой за слоем, между ними образуется слой воздуха, так что, когда материал ложится в виде перышка — скажем, на глубину фута, — более девяти десятых массы поглощается пространствами, содержащими воздух. Поскольку эти ячейки очень малы, циркуляция в них незначительна, и поэтому слой становится замечательным непроводящим воздуховодом, обладая этим качеством по той же причине, что и перья — т. Е. Потому, что ячейки достаточно малы, чтобы препятствовать циркуляции воздуха, так что проходящее тепло должно уходить за счет теплопроводности, а все газы являются очень плохими проводниками. В результате снежный покров, по сути, представляет собой замечательное покрывало. Когда на него светит солнце, большая часть тепла отражается, и поскольку температура не проникает в него на какую-либо глубину, расплавляется только поверхностная часть. Эта расплавленная вода поглощает в процессе плавления большое количество тепла, так что, попадая в массу, она легко замораживается повторно. С другой стороны, тепло, исходящее от земли, запасенное в ее поверхностных частях в последнее теплое время года, вместе с небольшой долей, которая вытекает из недр земли, удерживается этим одеялом, которое тает, но медленно. Таким образом, получается, что в регионах с длительными снегопадами почва, хотя и промерзшая на глубину фута или более в то время, когда происходило накопление снега, может оттаять и прогреться настолько, что растительность начнет расти еще до того, как растает защитный слой снега. Некоторые из ранних цветов высоких широт, действительно, начинают распускаться под мантией тонкоизмельченного льда.

В тех частях земли, которые по большей части покрыты лишь временным слоем снега, эффект этого покрытия незначителен. Снеговая вода поступает в землю, из которой она

помогла вывести заморозки, так что весной, в период вегетации растений, земля содержит достаточный запас влаги для их развития. Там, где выпадает снег большой толщины, особенно в лесах, влияние ледяного покрова несколько продлевает зиму и, таким образом, сокращает вегетационный период.

Там, где снег лежит на крутом склоне и скапливается на глубину нескольких футов, он начинает медленно сползать вниз по склону способом, который мы часто можем наблюдать на крышах домов. Этому способу способствует постепенное, хотя и полное таяние хлопьев по мере того, как тепло проникает в массу. Делая разрез снежной массы, накопившейся во время многих последовательных падений, мы отмечаем, что вершина все еще может иметь хлопьевидный характер, но по мере спуска хлопья заменяются прилипшими дробинообразными телами, которые образовались в результате частичного таяния и собирания в своих центрах первоначальных вспученных кристаллических частиц. В этом процессе изменения масса может перемещать частицу за частицей в направлении, в котором ее толкает сила тяжести. Энергия ее движения, однако, невелика, но она может сбрасывать с холма камни и лесные отходы. Иногда, как на кладбище в Огайо, штат Массачусетс, где каменные памятники или другие сооружения, такие как железные перила, запутываются в движущейся массе, она может отломить их и перенести на небольшое расстояние вниз по склону.

До тех пор, пока летнее солнце растопляет зимний снег, даже если земля остается голой всего один день, роль снегопада не имеет большого геологического значения. Когда случается так, что часть отложений сохраняется в течение лета, регион вступает в ледниковый период, и его условия претерпевают великую революцию, последствия которой настолько значительны, что нам придется проследить их в некоторых деталях. К счастью, необходимые соображения не так уж сложны, и все факты носят чрезвычайно живописный характер.

Взяв такой регион, как Новая Англия, где летом вся земля полна жизни и где зимний ледниковый период продолжается лишь короткое время, мы обнаруживаем, что кое-где на высоких горах снег держится большую часть лета, но на всех участках поверхности есть сезон, когда жизнь активизируется. На вершине горы Вашингтон, в Белых горах Нью-Гэмпшира, в расщелине, известной как Такерманово ущелье, где отложения скапливаются на большой глубине, снежно-ледяной покров сохраняется до середины лета. Действительно, очевидно, что очень незначительное изменение климатических условий этой местности привело бы к постоянному скоплению замерзшей воды на вершине горы. Если бы гребень был поднят на тысячу футов выше, без какого-либо общего изменения температуры или количества осадков в округе, то был бы достигнут такой эффект. Если бы при том же количестве осадков, которое сейчас выпадает на землю, в этом регионе больше их выпадало в виде снега, установились бы аналогичные условия. Более того, при увеличении количества осадков примерно вдвое по сравнению с тем, которое выпадает сейчас, количество снега будет в той же пропорции к количеству осадков, что и в настоящее время, мы почти наверняка получим пик выше постоянной линии выпадения снега, того уровня, ниже которого тают все зимние осадки. Эти положения изложены с некоторой осторожностью по той причине, что учащийся должен понимать, насколько

хрупким может быть — на самом деле, обычно так и бывает — баланс сил, определяющий разницу между сезонным и многолетним снежным покровом.

Как только снег сойдет летом, регион, который он занимает, будет стерилизован для жизни. С того момента, как снег начинает выпадать в течение теплого периода, и до тех пор, пока он окончательно не исчезнет, это поле должно быть вычеркнуто из числа пригодных для жизни земель не только человеком, но и самыми низшими организмами.^[6]

Если снег в оледенелом регионе лежит там, где он выпал, результатом будет постоянное увеличение отложений из года в год пропорционально ежегодному превышению отложений над таянием или испарением материала. Но как только отложения достигают сколько-нибудь значительной толщины, они начинают двигаться в направлении наименьшего сопротивления в соответствии с законами, которые исследователи ледников только начинают различать. В небольшой степени это движение достигается за счет схода лавин или снежных оползней - явлений, которые в некотором смысле важны и поэтому заслуживают описания. Сразу после сильного снегопада в регионах с крутыми склонами часто случается, что осадок, который сначала прилипал к поверхности, на которой он лежал, становится настолько тяжелым, что имеет тенденцию сползать вниз по склону; незначительное действие, даже соскальзывание одной снежинки, может начать движение, которое поначалу происходит постепенно и вовлекает в себя лишь небольшое количество снега. Набирая скорость, и с материалами, нагроможденными на стыке того, что уже находится в движении, с тем, что вот-вот будет перемещено, лавина, соскользнув на несколько сотен футов вниз по склону, может превратиться в глубокий снежно-ледяной поток, движущийся с большой скоростью. На этой стадии он начинает отламывать массы льда от ледников, по которым он может течь, или даже передвигать большие камни. Вооруженный ими, он разрывает подстилающую землю. После того, как она протекла мимо, она, возможно, поглотила столько земли и материала, что стала похожа на реку грязи. Благодаря тому факту, что энергия, которая несет его вниз, за счет трения преобразуется в тепло, может происходить частичное таяние массы, которое превращает ее в то, что мы называем слякотью, или смесь снега и воды. Наконец, поток осаждается на дно долины, где со временем замерзшая вода тает, оставляя только каменистое вещество, которое он вынес в качестве памятника, свидетельствующего о прекращении его течения.

Автору посчастливилось увидеть в швейцарском Оберланде одну очень большую лавину, которая сошла с высокогорья, спустившись на несколько тысяч футов к поверхности Верхнего ледника Гриндельвальд. Первым признаком действия было смутное сотрясение воздуха, подобное тому, как начинает вибрировать труба большого органа, но прежде пульсации были достаточно быстрыми, чтобы издать слышимую ноту. Невозможно было сказать, когда начался этот толчок, но осторожный проводник, заметив его прежде, чем его подопечный успел заметить что-либо необычное, поспешил на середину ледника. Вибрация переросла в рев, но источник звука среди гулких скал был неопределим. Наконец, из долины, расположенной высоко на южном склоне ледника, сначала выпрыгнул большой камень, который, отскакивая друг от друга, упал на ледяное дно. Затем одна за другой другие камни и массы льда, обогнавшие поток, становились все толще и толще, пока примерно через тридцать секунд крутой фронт лавины не стал

похож на быстро движущуюся стену. Достигнув утесов, он вырвался наружу в виде огромного водопада, который во время продолжения течения, длившегося несколько минут, нагромоздил на поверхности ледника огромную грудку смешанных камней и льда. Масса, обрушенная таким образом с обрыва, оценивалась примерно в три тысячи кубических ярдов, из которых, вероятно, пятидесятью часть составлял горный материал. Лавина такого объема необычна, и доля каменистого вещества, снесенного вниз, исключительно велика; но из-за этих внезапных движений замерзшей воды большая часть снега, отложившегося выше зоны полного таяния, переносится в нижние долины, где он может исчезнуть в летний сезон, и большая часть эрозии, совершаемой в горах, вызвана этими падениями.

Во всех альпийских регионах сход лавин является одним из самых страшных происшествий. Однако, поскольку их возникновение зависит от формы поверхности, как правило, можно точно определить вероятность их возникновения в любой конкретной области. Швейцарцы принимают меры предосторожности, чтобы защитить себя от их разрушительных действий, как и другие народы, чтобы обеспечить себе иммунитет от наводнений. Таким образом, власти многих горных деревень поддерживают обширные леса по сторонам деревень, откуда можно ожидать обрушения, опыт показал, что нет другого средства, столь хорошо рассчитанного для смягчения удара, который могут нанести эти сильные снегопады, как густо посаженные деревья, которые, хотя и повалены на некотором расстоянии, постепенно останавливают поток.

Пока область, занятая постоянным снегом, ограничена острыми горными вершинами, облегчение за счет выпадения больших масс осадков до уровня ниже снеговой линии легко достигается, но очевидно, что такого рода сброс может быть эффективным только с очень небольшого поля. Там, где рельеф не обусловлен этими снежными завалами, другой способ гравитационного воздействия достигает результата, хотя и более окольным путем, через механизм образования ледников.

Мы уже отмечали тот факт, что зимой снег на склонах наших холмов перемещается в направлении склона. То, что мы сейчас должны описать в довольно длинной истории о ледниках, основано на движениях той же природы, хотя в определенных чертах они особенно зависят от непрерывности действия из года в год. Желательно, однако, чтобы изучающий понял, что в движении ледников в основании не больше тайны, чем в постепенном сходе снега после того, как он неделю пролежал на склоне холма. Только по масштабам и непрерывности действия наибольший ледниковый покров превосходит таковой наших временных зим — фактически, всякий раз, когда выпадает снег, земля, которую он покрывает, вступает в ледниковый период, который отличается лишь по степени от того, от которого наше полушарие только что избавилось.

Если читателю посчастливится побывать в регионе ледников, ему лучше всего начать свое изучение их величественных явлений с подъема в те верхние области, где год от года скапливается снег. Там он обнаружит, что естественные неровности поверхности скал в некоторой степени сглажены обширным снежным покровом, из которого возвышаются только вершины более крупных гор. Вскоре он может убедиться, что этот слой имеет большую глубину, потому что кое-где его пересекают глубокие расщелины. Если визит

совершается в сезон выпадения снега, который обычно выпадает большую часть года, он может заметить, как уже отмечалось ранее в случае снега нашей зимы, что осадок, хотя поначалу и слоистый, на небольшом расстоянии под поверхностью приобретает несколько зернистый характер, хотя дробинообразные крупинки рассыпаются при растревывании. Еще глубже, обычно на несколько футов ниже поверхности, эти гранулы более или менее сцементированы друг с другом; таким образом, масса теряет качество снега и начинает казаться беловатым льдом. Заглянув в одну из расщелин, куда свет проникает на глубину ста футов или более, он может увидеть, что голубоватый оттенок несколько увеличивается с увеличением глубины. Следы этого цвета часто видны даже на поверхности снега на леднике, а иногда и на наших обычных зимних полях. В лунке, проделанной палкой глубиной в фут или более, обычно можно различить слабое лазурное мерцание; но повышенная голубизна льда по мере того, как мы спускаемся вниз, бросается в глаза и легко приводит нас к выводу, что воздух, которому, как мы уже отмечали, обязана белизна снега, выходит из массы по мере того, как продолжается процесс уплотнения. В ледниковом регионе эта снежная масса выше линии таяния называется *неве*.

Помня, что избыток снега, превышающий таяние в *районене* *неве*, может достигать нескольких футов материала в год, мы легко приходим к выводу, что масса стекает по склону тем же способом, что и раньше, даже там, где покрытие непрочное. Это предположение легко подтверждается: наблюдая за полем, мы обнаруживаем, что слой повсюду отступает от утесов, оставляя глубокую трещину между *неве* и пропастями. Немецко-швейцарские гиды называют эту расщелину *Бергшрунд*. Переход через него часто является одним из самых трудных подвигов, на которые приходится идти исследователю Альп. Фактически, сам вид поверхности, представляющей собой реку с непрерывными спусками, является достаточным доказательством того, что масса медленно течет к долинам. Следуя по ней вниз, мы почти всегда приходим к месту, где она переходит из верхних долин в более глубокие ущелья, пронизывающие склоны горы. При преодолении этого выступа масса снега и льда распадается на куски, образуя скопление глыб, которые спускаются по склону с гораздо большей скоростью, чем они двигались, когда были объединены на более высоких полях. В этом состоянии и в этой части движения снег-лед образуют то, что называется *сераками*, или творогом, как означает это слово на французско-швейцарском диалекте. Скользя и кувыркаясь вниз по крутому склону, на котором развиваются *сераки*, лед раскалывается на куски, часто небольшого размера. Эти фрагменты быстро соединяются в ледяную массу, которую мы в дальнейшем будем называть ледником, и в этом процессе вытеснение воздуха происходит быстрее, чем раньше, и масса приобретает более прозрачный ледяной вид.

Действие льда в виде давлений и деформаций, которым он подвергается при соединении с основным ледником и на дальнейшей части его течения, требует для их понимания пересмотра тех представлений о жесткости и пластичности, которые мы извлекаем из нашего обычного опыта обращения с объектами. Трудно поверить, что льду под давлением можно придать любую форму без разрушения, при условии, что движение осуществляется медленно, и в то же время он такой же хрупкий, как лед при внезапном ударе. Однако мы видим аналогичный пример противоположных свойств в кондитерском

изделии, известном как патоковая карамель, палочка которого может сгибаться бесконечно долго, если сгибать ее медленно, но при резком ударе разлетится на куски, как стекло. Лед отличается от сахаристой субстанции по многим параметрам; особенно мы должны отметить, что, хотя его можно выдавить в любую форму, его нельзя вытянуть, но он трескается при очень легком растяжении. Условия его передвижения мы рассмотрим подробнее, когда поближе познакомимся с его действием.

Входя в нижнюю часть своего русла, там, где он впадает в область ниже снеговой линии, ледяной поток теперь ограничен стенами долины, руслом, которое в большинстве случаев было образовано до ледникового периода горным потоком или, возможно, более медленной рекой. На этом участке его течения проявляется сходство ледникового потока с потоком текучей воды. Мы видим, что она изгибается при повороте ущелья, расширяется там, где ограничивающие стены находятся далеко друг от друга, и сужается там, где пространство ограничено. Хотя поверхность кое-где изрезана трещинами, очевидно, что движение замерзшего течения, хотя и медленное, довольно свободное. Устанавливая колья в ряд поперек оси ледника и наблюдая за их движением изо дня в день или даже из часа в час, если для этой цели используется хороший теодолит, мы замечаем, что течение наиболее быстрое в средних частях, как в случае с рекой, и что оно замедляется по направлению к обоим берегам, хотя часто бывает, как в случае с потоком расплавленной воды, что самая быстрая часть течения находится вблизи одного берега. Дальнейшие наблюдения показали, что движение наиболее быстрое на поверхности и наименее на дне, где течение также напоминает реку. Одним словом, очевидно, что, хотя лед не является текучим в строгом смысле этого слова, куски, из которых он состоит, движутся практически так же, как жидкости, то есть они свободно скользят друг по другу. Теперь мы обратим наше внимание на некоторые важные особенности детального анализа, которые проявляют ледники.

Если мы посетим ледник в то время года, когда на нем лежит зимний снег, может показаться, что у него совершенно непрерывная поверхность. Но по мере того, как летняя жара усиливается, маска зимнего покрытия исчезает, и тогда мы можем увидеть структуру льда. Прежде всего, мы отмечаем, что во всех долинных ледниках, которые мы наблюдаем, поток перекрыт большим количеством каменистых отходов, большая часть которых сошла с лавинами ранее описанным способом, хотя небольшая часть, возможно, была вынесена из русла, по которому течет лед. Во многих ледниках, особенно по мере приближения к их окончанию, этот слой земли и горных пород часто покрывает лед настолько полностью, что новичку в таких регионах трудно поверить, что лед находится у него под ногами. Если исследователь настроен на трудный подъем, он часто может пройти несколько миль по этим каменным глыбам, ничего не видя, не говоря уже о том, чтобы ступить ногой на замерзшую воду. На некоторых ледниках Аляски это покрытие может покрыться лесом. Как правило, этот материал, который называется мореной, распределен полосами, параллельными склонам ледников, и количество полос может достигать полудюжины или более. Те, что находятся по бокам льда, очевидно, произошли от пропастей, которые они миновали. Те, что посередине, возникли в результате соединения морен, образовавшихся в двух или более долинах притоков.

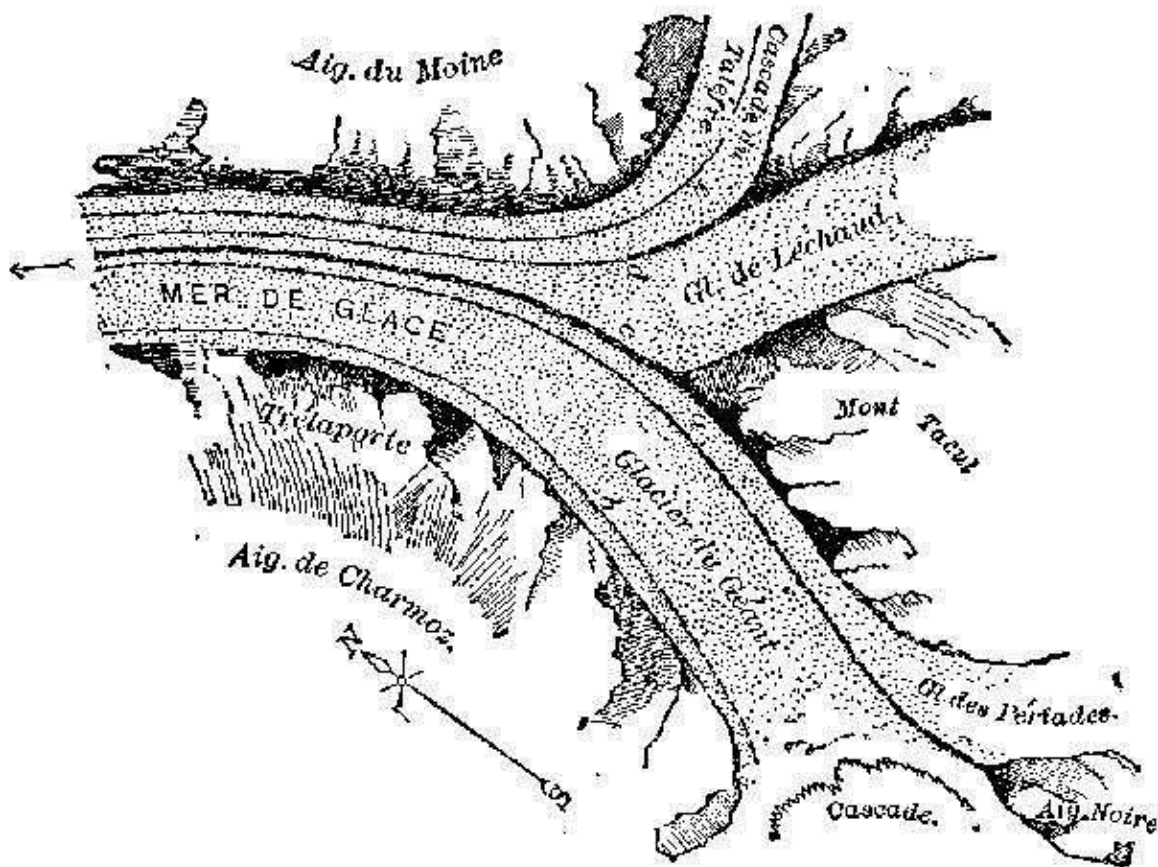


Рис.

12. Карта ледников и морен вблизи монблана.

Там, где лавины сходят наиболее обильно, камни остаются погребенными под снегом и тают только тогда, когда поток достигает региона, где ежегодные потери его поверхности превышают количество выпавшего снега. В этом разделе мы можем видеть, как прогрессирующее таяние постепенно выводит на вид скалистые *обломки*. То тут, то там мы найдем валун, примостившийся на ледяном пьедестале, что указывает на недавнее истощение поля. Частый звук в этих регионах возникает из-за падения камней с их опор или соскальзывания массы с острого гребня, который образован защитой, обеспечиваемой льду толстым слоем обломков на его поверхности. Эти движения морен часто распределяют их отходы по леднику, так что в его нижней части мы больше не можем проследить вклад нескольких долин, поскольку вся территория покрыта *обломками*. В конце ледяного потока, где его поступательное движение окончательно преодолевается теплом, с которым он сталкивается, он оставляет в виде грубой кучи, часто простирающейся стеной поперек долины, все грубые фрагменты, которые он переносит. Это скопление, состоящее из всех боковых морен, образовавшихся на льду в результате схода лавин, называется конечной мореной. По мере того как сам ледяной поток сжимается, часть обломков рядом с пограничной стенкой, как правило, остается прилипшей к этим склонам. Именно из наличия этих нагромождений в долинах, ныне покинутых ледниками, мы получаем некоторую информацию о прежней большей степени ледникового воздействия.

Следующей наиболее заметной особенностью является трещина. Эти разломы часто встречаются в очень большом количестве и представляют собой непреодолимую преграду на пути исследователя. Большая часть этих разрывов ниже зоны *серака* проходит от берегов ручья к центру, не достигая этой области. Они обычно направлены вверх по течению; их образование связано с тем фактом, что из-за более быстрого движения в центральных частях потока лед на этом участке отрывается от материала, который движется медленнее у берега. Как отмечалось ранее, эти ледяные трещины при растяжении естественным образом образуют трещины под прямым углом к направлению деформации. В средних частях льда образуются другие трещины, хотя и реже, которые, по-видимому, зависят от локальных деформаций, вызванных неровностью поверхности, по которой течет лед.

Если наблюдателю повезет, он может во время своего путешествия по леднику увидеть и услышать, что происходит при образовании трещин. Сначала он услышит глубокий, гулкий звук у себя под ногами, который переходит в более раскалывающую ноту по мере того, как расщелина, начинающаяся внизу или вдалеке, поднимается вверх или приближается к нему. Когда звук закончится, он, возможно, не сможет увидеть и следа от трещины, которая поначалу очень узкая. Но если разлом пересекает какую-либо из многочисленных неглубоких заводей, которые в теплый летний день обычно покрывают большую часть поверхности, он может заметить линию пузырьков, поднимающихся вверх по воде, отмечающих выход воздуха из ледника, остатков того, что было заключено в первоначальный снег. Даже там, где этот признак отсутствует, он иногда может отследить расщелину по шипящему звуку воздушных потоков там, где они выходят из льда. Если он потратит время на то, чтобы понаблюдать за происходящим, то обычно через час или два сможет увидеть, как первая невидимая трещина расширяется, пока не достигнет полдюйма в поперечнике. Он может увидеть, как поверхностная вода устремляется вниз по отверстию, как на поверхности льда образуется небольшая речная система, когда потоки направляются к одной или нескольким точкам спуска. Выполняя эту работу, они выкапывают шахту, которая часто достигает многих футов в диаметре, по которой их воды с грохотом стекают к основанию ледника. Это отверстие, похожее на колодец, называется *мулен*, или мельница, и это название, как мы увидим, вполне заслуженно из-за работы, которую выполняют падающие воды. Хотя устройство шахты *мулен* зависит от образования расщелины, часто случается, что по мере дальнейшего продвижения льда по своему пути ее стенки снова сближаются, спаиваясь способом, характерным для льда, так что от разрыва не остается никаких следов, кроме шахты, которой он позволил образоваться. Как и все остальное в леднике, *мулен* медленно движется вниз по склону и остается открытым до тех пор, пока в него стекают воды, образующиеся в результате летнего таяния. Когда его перестают держать открытым с лета, его стенки сжимаются таким образом, чтобы щели были закрыты.

Образующиеся тут и там, и обычно в значительных количествах, трещины ледника захватывают значительную часть моренных *обломков*, которые падают через них на дно ледника. Более мелкие кусочки смываются в *мулен* ручьями, возникающими в результате таяния льда, вызванного теплым летним солнцем и особенно теплыми дождями этого сезона. На тех ледниках, где из-за неровности дна, по которому течет лед, эти трещины

очень многочисленны, может случиться так, что весь обломок, вынесенный на поверхность ледника лавинами, попадет на дно льда.

Хотя трудно узнать, что происходит под поверхностью ледника, можно прямо или косвенно выяснить многое об особой и важной работе, которая там проводится. Отважный исследователь может проложить себе путь через боковые трещины и, даже соблюдая осторожность, безопасно спуститься по некоторым из трещин, которые пронизывают центральную часть неглубокого ледяного потока. Там, это может быть на глубине ста футов или более, он найдет некоторое количество камней, некоторые из которых могут быть размером с небольшой домик, вмурованный в толщу льда, но одной стороной опирающийся на подстилающую породу. Возможно, ему повезет настолько, что он увидит, как камень действительно прорезает канавку в скальном основании, когда его толкает вперед движение ледника. Резка производится не только в неподвижном материале, поскольку сам валун также изнашивается и царапается в процессе работы. Более мелкие камешки попадают в пространство между неустойчивой и неподвижной породой и измельчаются на кусочки. Если в ходе своих исследований студент найдет путь к той части дна, на которую падают воды *мулена*, у него может быть шанс понаблюдать, как камни, приводимые в движение, разрезают породу дна, образуя вытянутые выбоины, похожие на те, что бывают при обычных водопадах, или у основания тех шахт, которые дают начало известняковым пещерам.

Лучший способ проникнуть под ледник - через изгиб ручья, который всегда вытекает из конечной части ледяной реки. Даже в зимнее время каждый крупный ледник выпускает в своем конце значительный ручей, воды которого частично растаяли ото льда за счет оттока земного тепла; однако главным образом за счет тепла, получаемого при трении льда о себя и о его дно — другими словами, за счет преобразования той энергии положения, о которой нам часто приходится говорить, в тепло. В летнее время этот подледный поток вздувается поверхностными водами, спускающимися через расщелины и вытекающие из них *мулины*, так что отток часто образует значительную реку и, таким образом, выкапывает во льду большую или, по крайней мере, длинную пещеру, основанием которой является донная порода. Осенью, когда поверхностное таяние прекращается, в эту галерею часто можно проникнуть на значительное расстояние, и она представляет собой отличный путь к тайнам подо льдом. Наблюдатель может здесь увидеть большое количество скального материала, удерживаемого во власти льда и вынужденного совершать грубое путешествие по голым камням фундамента. Время от времени он может обнаружить, что ледниковая масса в значительной степени состоит из камней, причем примесь простирается на много футов над дном пещеры, возможно, до самого верха свода. Возможно, он обнаружит, что эти камни дробят друг друга там, где соприкасаются. Результат будет вызван разницей в скорости продвижения льда, который движется тем быстрее, чем выше он находится над поверхностью, по которой он волочится, и, таким образом, камни находятся на одном уровне над теми, что ниже. Там, где воды подледникового ручья очистили донную породу от *обломков*, ее поверхность покрыта бороздками и кое-где отполирована способом, который достигается только действием льда, хотя некоторое сходство с ним наблюдается там, где камни веками сметало ветром с песком. То тут, то там, часто таким образом, что движение по пещере

прерывается, иссякший поток, неспособный переносить *обломки*, откладывает материал в камере, иногда заполняя свод настолько полностью, что вода вынуждена делать обход. Это действие особенно интересно по той причине, что в регионах, где исчезли ледники, отложения, образовавшиеся в старых ледяных сводах, часто представляют собой исключительно совершенные формы тех пещер, которые были образованы древними подледниковыми потоками. Эти формы называются *эскерами*.

Если наблюдатель будет внимателен, он заметит тот факт, что воды, выходящие из-под значительного ледника, очень насыщены илом. Если он возьмет стакан воды в месте утечки, то, дав ей отстояться, часто обнаружит, что осадок составляет до одной двадцатой объема. В то время как большая часть этого детрита опустится на дно сосуда в течение дня, часть его при этом не упадет. Он может также заметить, что этот ил не имеет желтоватого оттенка, который он привык видеть в материалах, наносимых обычными реками, а имеет беловатый цвет. Дальнейшее изучение выявит тот факт, что разница обусловлена отсутствием окисления в случае ледникового детрита. Речные илы, образующиеся медленно и при длительном воздействии воздуха, сильно окисляют содержащееся в них железо, что частично придает им потемневший вид. Более того, они слегка окрашены разложившимися растительными веществами. Отходы из-под ледника были быстро отделены от подстилающей породы, все поверхности зерен свежеразломаны, и в них нет примеси органических веществ. Таким образом, поверхности частиц отражают свет практически так же, как толченное стекло или измельченный лед, и, следовательно, кажутся белыми.

Небольшое наблюдение покажет изучающему, что этот очень мутный характер воды, выходящей из-под ледника, в основном характерен для таких ручьев, которые мы описали. Поднимаясь по любой из главных долин Швейцарии, он может заметить, что воды некоторых ручьев несут мало наносов даже во время сильного разлива, в то время как другие в любое время года имеют беловатый цвет. Небольшое дальнейшее исследование или использование хорошей карты покажут ему, что прозрачные ручьи не получают притока ледниковой воды, в то время как те, которые выглядят так, как будто они наполнены молоком, поступают, по крайней мере частично, из ледяных сводов. Из некоторых исследований, которые автор провел в швейцарских долинах, явствует, что степень эрозии, вызванной сходством горных пород на равных участках в результате спуска вод в виде ледника или в виде обычных потоков, сильно различается. Перемещаясь в виде льда или в виде скованных льдом потоков, масса воды затрачивает на измельчение и унос горных пород во много раз больше энергии своего положения, чем это происходит при спуске воды в ее текучем состоянии.

Отмеченный выше эффект интенсивного воздействия льда заключается в быстром разрушении горных пород долины, в которой расположен ледник. Эта работа выполняется не только в большем объеме, но и иным способом, чем тот, который выполняется с помощью торрентов. В последнем случае русло ручья смущается попадающим в него мусором; только кое-где он может воздействовать на породу русла, выталкивая камни на его поверхность. Только в течение нескольких дней сильных дождей в году его работа вообще эффективна; большая часть энергии положения его вод расходуется на бесконечные изгибы его потока, которые приводят только к выделению

тепла, которое улетучивается в атмосферу. В ледяном потоке из-за его медленного движения и обломков, которые он несет по дну, значительно большая часть энергии, которая толкает его вниз по склону, затрачивается на вырубку породы. Ни один из валунов, даже если они имеют ярды в диаметре, не препятствует его движению; как маленькие, так и большие, они являются для него хорошими орудиями, с помощью которых можно атаковать нижние породы. Осколки никогда не пропадают в результате атмосферного разложения, но в очень значительной степени используются при механической работе, в то время как большая часть обломков, попадающих в поток, остается в грубом состоянии, когда они попадают в ручей; большая часть того, что переносит ледник, изнашивается в процессе его перемещения. В значительной степени он расходуется при атаке на породу ложа. В большинстве случаев *обломки* в конечной морене, очевидно, представляют собой лишь малую часть того, что попало в лед во время его перемещения с возвышенностей; большая часть была изношена в результате тяжелых испытаний, которым он подвергся.

Очевидно, что даже в регионах, в настоящее время наиболее обширно занятых ледниками, дренажные системы были сформированы движением обычных ручьев — другими словами, действие льда наблюдается почти везде, даже в регионах около полюсов, что является побочной особенностью в работе воды, поступающей только для изменения рельефа, который в основном формируется под действием текучей воды. Когда вследствие климатических изменений долина, подобная Альпийской, оказывается занятой ледниковым потоком, новое течение сразу же, в соответствии со своими очевидными потребностями, изменяет форму своего русла. Обычный поток из-за скорости своего движения, которая, как правило, может составлять от трех до пяти миль в час, может уносить осадки по очень узкому руслу. Поэтому его русло обычно и на сотую долю не шире ущелья или долины, в которых оно находится. Но когда разгружается ледник, скорость которого редко превышает четыре-пять футов в день, ледяной поток из-за своего медленного движения должен заполнять впадину из стороны в сторону, он должен быть в несколько тысяч раз глубже и шире потока. В результате, как только в стране наступает ледниковый период, ледяные потоки продолжают менять старые V-образные русла на те, которые имеют широкую U-образную форму. Опытный глаз может в некотором смысле судить о том, как долго долина подвергалась воздействию ледников, по тому, насколько она расширилась в результате этого процесса.

В долинах Швейцарии и других горных районах, которые были внимательно изучены, очевидно, что действие ледников сыграло значительную роль в определении их форм. Но работа была ограничена той частью бассейна, в которой лед в изобилии усеян режущими инструментами в камне, которые нашли свой путь к основанию ручья. В районе *Неве*, где вклад каменистого вещества в поверхность отложений, образованных несколькими голыми скалами, возвышающимися над снежным покровом, невелик, снежно-ледяной покров не оказывает какого-либо существенного воздействия. Там, где он проходит по крутому склону в начале глубокой долины, в которую он впадает, и впадает в *сераки*, такому каменистому материалу, который он мог собрать, позволено упасть на дно, и таким образом он занимает положение, в котором он может выполнять эффективную работу. Начиная с этого участка *серак* вниз по теперь уже отчетливой ледяной реке,

находящейся, как правило, ниже линии снегов, по обе стороны от нее повсюду скалы, из которых в изобилии выпадает скальный материал. Следовательно, эта часть ледника, хотя и является истожающей частью его протяженности, выполняет все работы по вырубке любого значения, которые выполняются. Именно там текущие ручьи наполняются наносами, которые, как мы уже отмечали, они несут в поразительных количествах, и поэтому именно в этом участке долины ледостав наиболее сильный. Его эффект заключается не только в расширении долины и ее углублении, но и в продвижении глубокого участка дальше вверх по течению ручья и его притоков. Ступенька в руслах ручьев, которую мы находим в *серак*, по-видимому, отмечает точку на протяжении ледника, где благодаря падению камней к его основанию, а также более быстрым движениям и более твердому состоянию льда он эффективно изнашивается.

Есть много других особенностей, связанных с ледниками, которые щедро вознаграждают за изучение тех, у кого есть желание исследовать в манере физика, интересующегося действиями льда, сложные проблемы, которые они порождают; но поскольку эти вопросы не важны с точки зрения данной работы, здесь о них не будет упоминания. Теперь мы обратим наше внимание на другую группу ледников, обычно называемых континентальными, которые в настоящее время существуют около обоих полюсов и которые в разные периоды истории земли простирались далеко к экватору, покрывая обширные пространства суши и мелководные моря. Разница между ледяными потоками в горах и теми, которые мы называем континентальными, зависит исключительно от площади полей и глубины накопления. В обычном альпийском регионе районы *неве*, где скапливается снег, относительно невелики. Из-за довольно крутых склонов замерзшая вода быстро сбрасывается в нижние долины, где тает. Как в *Неве*, так и в отдельном леднике нижних слоев есть, особенно в последнем, выступающие вершины, с которых лавинами или при обычном камнепаде обрушивается большое количество камня, так что лед в изобилии снабжен режущими инструментами, которые работают от его поверхности до самых глубин.

По мере того как ледниковое скопление увеличивается в глубину, из него выходит все меньше вершин, а потоки, которые оно питает, поднимаются все выше, пока не перекрывают водоразделы между долинами. Таким образом, незаметными этапами долинные ледники переходят в более крупную форму, обычно, но неправильно называемую континентальной. Действительно, мы можем, спускаясь с гор в тропиках к полюсам, отмечать каждый шаг в этом переходе, пока в Гренландии не достигнем наибольшей массы льда в мире, если только лед вокруг южного полюса не будет более обширным. В Гренландском леднике ледяной покров покрывает обширную территорию, которая, вероятно, является горной страной, которая, безусловно, имеет такую природу в южной части острова, где только мы находим участки земли, не полностью покрытые глубокой оболочкой. Благодаря трудам некоторых отважных исследователей, среди которых Нансен заслуживает первого места, мы теперь кое-что знаем об условиях этого обширного ледяного поля, поскольку его пересекали от берега к берегу. Результаты этих исследований чрезвычайно интересны, поскольку они дают нам ключ к пониманию условий, преобладавших на значительной части земли во время ледникового периода, с которого планета только-только выходит, и в более ранние эпохи, когда оледенение было

столь же обширным. Поэтому мы рассмотрим несколько подробнее особенности, которые представляет собой гренландский ледник.

Начиная с восточного берега этой земли, если можно так назвать регион, представляющий собой в основном лед, мы находим рядом с берегом береговую линию, не полностью покрытую льдом и снегом, но кое-где выступающую вершинами, которые указывают на то, что, если убрать ледяной покров, страна окажется глубоко пересеченной фиордами, как это наблюдается в регионах к югу от Гренландии или Скандинавского полуострова. Лед спускается к морю по долинам, часто обращенным к океану на большие расстояния своими замерзшими скалами. Вступая на эту обращенную к морю часть ледника, наблюдатель обнаруживает, что на некотором расстоянии от береговой линии лед более или менее изрезан трещинами, образование которых, несомненно, связано с неровностями скального дна, по которому он движется. Эти разрывы настолько часты, что на протяжении нескольких миль назад очень трудно найти безопасный путь. Наконец, однако, достигается точка, где эти разломы довольно внезапно исчезают, и оттуда лед поднимается вглубь со скоростью от нескольких футов до мили широким, почти гладким уклоном. В центральной части региона на значительной части территории лед имеет очень небольшой уклон. Оттуда она понижается к другому берегу, проявляя те же черты, что были обнаружены на восточном версантае, вплоть до побережья, где поверхность снова испещрена расщелинами, которые продолжаются до самого края моря.

Хотя исследования центральной части Гренландии еще не завершены, было предпринято несколько таких экскурсий вглубь страны или через нее, и идентичность наблюдений такова, что мы можем с уверенностью предположить, что весь регион относится к одному типу. Более того, мы не можем рисковать, предполагая, что то, что мы находим в Гренландии, по крайней мере, в том, что касается непрерывной природы центрального ледяного поля, - это то, что должно существовать на каждой земле, где ледниковый покров становится очень глубоким. В Гренландии представляется вероятным, что глубина льда в среднем составляет более полумили, а в центральной части области ледяной покров вполне может иметь гораздо большую глубину; он может достигать почти мили в глубину. Наиболее поразительная особенность — наличие огромного непрерывного пространства, граничащего с областью, где лед растрескивается, — прослеживается везде, где были исследованы очень обширные и предположительно глубокие залежи льда. Как мы увидим ниже, эти особенности многое объясняют нам относительно условий действия ледников — вопрос, который нам придется изучить после того, как мы завершим наш общий обзор изменений, происходящих в ледниковые периоды.

При нынешнем состоянии того удивительного комплекса явлений, который мы называем климатом, ледники повсюду, насколько позволяют нам судить наши наблюдения, обычно находятся в процессе уменьшения. В Швейцарии, хотя древние люди даже во времена римской империи соприкасались со льдом, они были настолько ненаблюдательны, что даже не заметили, что лед находится в движении. Только за последние два столетия мы получили какие-либо исторические наблюдения, представляющие ценность для геолога. Однако, к счастью, знаки, начертанные на камне, рассказывают историю, за исключением ее исчисления годами, настолько ясно, насколько это могут дать любые записи. Из этого

свидетельства горных пород мы видим, что в геологический период, хотя это могло быть и несколько десятков тысяч лет назад, швейцарские ледники, значительно утолщенные и с сильно расширенной горизонтальной областью, простирались по Альпийской стране, так что только кое-где более острые пики возвышались над поверхностью. Эти обширные ледники, почти непрерывно соединенные по своим краям, простирались так далеко, что каждая часть территории нынешней Швейцарской Республики была покрыта ими. Их фронт пролегал по южным низменностям Германии, по району Юра во Франции; на юге он простирался через долину реки По до окрестностей Милана. Мы знаем этот старый ледяной фронт по скоплениям каменных *обломков*, которые были принесены сюда из недр горного царства. Мы можем распознать особые породы камня и с совершенной уверенностью проследить их путь до подстилающей породы, из которой они были выточены. Более того, по тем же свидетельствам мы можем проследить этапы отступления ледников, пока они не утратили свой ширококонтинентальный характер и не приняли нечто вроде своей нынешней формы долины. Выше по долине любой из крупных рек, как, например, долины Роны выше Женевского озера, мы замечаем сменяющие друг друга конечные морены, которые ясно указывают на стадии отступления льда, когда на какое-то время он прекращал отступать назад или даже совершал небольшой временный отход. Легко видеть, что в таких случаях камни, отнесенные к ледяному фронту, скапливались в кучу, в то время как в то время, когда ледник день за днем отступал, каменные отходы оставались разбросанными по долине.

Поднимаясь вверх по течению ледниковых потоков, мы замечаем, что материалы последующих морен находятся во все менее разрушенном состоянии. Вдали от кучи, которая сейчас образуется, и пропорционально расстоянию камни в какой-то мере сгнили, и кучи, которые они составляют, часто покрыты почвой и заняты лесами. В нескольких милях от ледяного покрова камни все еще имеют свежий вид. Когда мы подходим, скажем, на расстояние полумили от образующейся сейчас морены, мы подходим к той части отступления ледников, о которой у нас есть письменные или традиционные сведения. В целом это означает, что истощение ледников происходит в этом столетии так же, как это происходило в прошлом. Время от времени периоды сильных снегопадов освежали ледяные потоки, так что на некоторое время они продвигались своими фронтами дальше по долине. Автор видел во время одного из таких временных наступлений интересное зрелище разрушения льдом почвы на небольшом поле, которое было засеяно зерном.

Следует отметить, что это временное продвижение льда не связано со снегопадом зимой или зимами, непосредственно предшествующими движению вперед. Продвижение льда от *поля* Неве до конца длинного ледника настолько медленное, что могут потребоваться столетия, прежде чем запасы, накопленные на возвышенностях, повлияют на конечную часть потока. Мы знаем, что тела несчастных людей, затерявшихся в расщелинах ледника, уносятся вперед с равномерной и сносно поддающейся вычислению скоростью, пока они не всплывают впереди, где лед тает. По крайней мере, в одном случае останки появились спустя много лет в *обломках*, которые были нанесены на морену. Из-за такого медленного питания ледникового потока мы, естественно, можем ожидать, что обнаружим, как мы и делаем на самом деле, что сильный снегопад много лет назад, а также период, когда

влияние зимы было незначительным, будут влиять на положение конечной точки ледяного потока в разное время в зависимости от его длины. Если длина потока составляет пять миль, может потребоваться двадцать или тридцать лет, чтобы эффект стал очевидным; в то время как если длина потока составляет десять миль, влияние может быть замечено не менее чем через шестьдесят лет. Таким образом, получается, что в настоящее время в одном и том же ледниковом районе одни потоки могут наступать, в то время как другие отступают, хотя в целом лед обычно находится в процессе усадки. Если нынешние темпы отступления сохранятся, то представляется несомненным, что по истечении трех столетий швейцарские ледники в целом не будут иметь ничего подобного своей нынешней площади, а многие из более мелких потоков полностью исчезнут.

Следуя методу знаменитого Луиса Агассиса, который первым внимательно проследил свидетельства, свидетельствующие о недавнем геологическом распространении ледников, изучая свидетельства активности на полях, которые они больше не занимают, геологи теперь обследовали большую часть суши с целью найти доказательства такой работы льда. Что касается этих указаний, то они, как правило, носят весьма безошибочный характер. Действительно, опытному исследователю таких явлений редко приходится искать в каком-либо регионе более суток, прежде чем он получает неоспоримые доказательства, которые позволят ему определить, было ли это поле недавно занято прочным ледяным покровом — тем, который переживает летний сезон и поэтому заслуживает названия ледниковый. Указания, которые он должен учитывать, заключаются в направлении и способе переноса поверхностных материалов, физических условиях этих материалов, форме поверхности подстилающей породы с точки зрения ее общего контура и наличии или отсутствии царапин и бороздок на ее поверхности. Поскольку эти записи о действии льда имеют первостепенное значение для решения этой проблемы и поскольку они представляют собой отличные объекты для изучения тех, кто живет в оледененных регионах, мы отметим их несколько подробнее.

Геолог распознает несколько способов транспортировки материалов по поверхности земли. Они могут быть выброшены вулканами, совершая свое путешествие по воздуху или в потоках лавы; всегда легко с первого взгляда, за исключением очень редких случаев, определить, были ли фрагменты перенесены таким образом. Опять же, обломки могут быть перемещены ветром; это действие ограничено; оно воздействует только на пыль, песок и очень мелкую гальку, и их легко различить. Перенос может осуществляться речными или морскими течениями; здесь, опять же, размер перемещаемых фрагментов невелик, а порядок их расположения отчетливо прослеживается. Фрагменты могут быть доставлены на ледяных плотках; здесь наблюдатель также обычно может ограничить вероятности, которые он должен учитывать, установив, что он обычно может сделать, находился ли регион, который он наблюдает, ниже уровня моря или озера. Одним словом, вышеупомянутые агенты переноса обладают несколько исключительным влиянием и в большинстве случаев могут быть легко исключены в качестве объяснения переноса горных пород. Поэтому, когда геолог обнаруживает местность, обильно покрытую песком, галькой и валунами, расположенными неправильным образом, ему обычно остается только поинтересоваться, был ли этот материал перенесен реками или ледниками. Это различие может быть осуществлено быстро и критически. Во-первых, он отмечает, что

реки только на своих участках течения могут нести большие обломки породы, и что во всех случаях обломки перемещаются вниз по склону. Далее, там, где образуются отложения, они имеют более или менее форму аллювиальных отложений. Если теперь наблюдения показывают, что скальные отложения, занимающие поверхность какого-либо региона, переносились вверх и вниз по холмам, через долины, особенно если здесь и там есть следы фронтальных морен, геолог вправе предположить — он действительно может быть уверен, - что перенос был произведен ледниковым покровом.

Важные подтверждающие свидетельства воздействия льда, как правило, можно найти при обследовании породы дна под детритом, что указывает на действие льда. Даже если он несколько разрушен, как это обычно бывает в случаях, когда ледяной покров давно сошел, скальная порода, вероятно, будет иметь деформированную поверхность; она образовала широкие выступы и борозды текучего вида, каких никогда не образует жидкая вода, которые, действительно, могут быть созданы только ледяным покровом, движущимся по поверхности, сокращая свое ложе пропорционально твердости материала. Более того, если подстилающая порода имеет твердую текстуру и не слишком сильно разрушена, мы почти всегда обнаруживаем на ней бороздки или царапины, каналы, вырезанные камнями, внедренными в толщу льда, и прочерченные их движением по неподвижному материалу. Таким образом, доказательство распространения ледников в последнюю ледниковую эпоху становится настолько очевидным, что можно составить точные карты, показывающие сферу его действия. Эта задача пока не выполнена, хотя она уже далеко продвинулась вперед.

В то время как изучение ледников началось в Европе, исследования относительно их древнего распространения были продолжены дальше и с большей точностью в Северной Америке, чем в любой другой части мира. Поэтому мы вполне можем начать наше описание границ ледяных покровов с этого континента. Представив себе, что мореплаватель достиг Америки через Северную Атлантику, как это сделали скандинавы, и что его путешествие произошло, возможно, за сто тысяч лет или более до путешествия Лейфа Эрикссона, он обнаружил бы фронт льда задолго до того, как достиг нынешних берегов этой земли. Этот фронт, возможно, простирался от юга Гренландии, от берегов нынешней Гранд-Бэнкс-оф-Ньюфаундленд, оттуда и на запад до центральной или южной части Нью-Джерси. Этот ледяной утес был образован слоем, лежавшим на дне моря. На побережье Нью-Джерси ледяная стена вышла из моря и вошла в тело континента. Теперь мы предположим, что исследователь, воодушевленный отважным научным духом, который побуждает людей наших дней искать полюса, предпринял сухопутное путешествие вдоль ледяного фронта через континент. От побережья Нью-Джерси путешественник должен был пройти через центральную Пенсильванию, где, хотя, вероятно, отдельные внешние ледники простирались на юг до центральной Вирджинии, основной фронт простирался на запад, в долину Огайо. В южном Огайо ледяной язык выступал на юг, пока не пересек реку Огайо, где сейчас находится Цинциннати, простираясь на несколько миль к югу от ручья. Оттуда она отклонялась к северу, пересекая Миссисипи и снова Миссури, причем язык или лопасть уходила далеко на юг в этом штате. Затем, снова повернув на северо-запад, он проследовал в целом по северной части бассейна Миссури, пока не оказался в пределах видимости Скалистых гор. Там

ледяной фронт главного ледника повторял направление гор на некотором расстоянии от их поверхности на неизвестном протяжении к северу. В Кордильерах, на юге вплоть до южного Колорадо и, вероятно, в Сьерра-Неваде к югу от Сан-Франциско, в горных центрах образовались локальные ледники, которые в некоторых местах были очень больших размеров, возможно, превосходя любой из тех, что сейчас существуют в Швейцарии. Таким образом, будет видно, что почти половина нынешней площади суши Северной Америки находилась под ледниковым покровом, хотя, как отмечалось ранее, регион вокруг Мексиканского залива, возможно, поднялся вверх, когда северная часть суши была придавлена огромным грузом льда, который лежал на ней. Несмотря на это возможное добавление суши, наш воображаемый исследователь обнаружил бы, что часть континента, пригодная для обитания жизни, не более чем наполовину так велика, как в настоящее время.

На евразийском континенте не было такого сплошного ледяного покрова, как в Северной Америке, но ледники развивались из нескольких различных центров, каждый из которых распространялся на низменности или, если он располагался южнее, ограничивался определенной горной областью. Один из этих центров включал Скандинавию, северную Германию, Великобританию примерно на юге до Лондона и большую часть Ирландии, причем лед покрывал промежуточные моря и простирался до запада, так что проход Северной Атлантики был сильно ограничен между этим ледяным фронтом и фронтом Северной Америки. Другой центр, о котором упоминалось ранее, сформировался в Альпах; еще один, значительной площади, в Пиренеях; другие менее изученные месторождения существовали на Апеннинах, на Кавказе, Урале и в других горах северной Азии. Однако достаточно любопытно, что обширная область равнин в Сибири, по-видимому, не была занята сплошным ледяным покровом, хотя аналогичный регион в Северной Америке был глубоко погружен в ледник. Одновременно с этим образованием льда в восточной части континента ледяные потоки Гималайских гор, некоторые из которых являются одними из величайших наших высокогорных ледников, по-видимому, претерпели лишь умеренное расширение. Многие другие высокогорья Евразии, вероятно, были скованы льдом во время последнего ледникового периода, но наши знания об этих местных месторождениях пока несовершенны.

В южном полушарии земли имеют меньшую протяженность и, в целом, менее изучены, чем в северном царстве. Кое-где, где существуют ледники, как, например, в Новой Зеландии и в южной части Южной Америки, наблюдательные путешественники заметили, что эти ледяные поля недавно уменьшились. Совпадало ли время наибольшего расширения и отступления с временем ледяных щитов на севере, пока не установлено; проблема, действительно, представляет некоторую трудность и может долго оставаться нерешенной. Однако представляется вероятным, что ледники южного полушария, как и ледники северного, находятся в процессе отступления. Если это правда, то их время наибольшего расширения, вероятно, было таким же, как у ледяных щитов вокруг южного полюса. Из некоторых неполных сообщений, которыми мы располагаем относительно свидетельств оледенения в Центральной Америке и в Андском районе северной части Южной Америки, представляется возможным, что когда-то горный лед вдоль Кордильерской цепи существовал от точки к точке вдоль этой системы возвышенностей,

так что самый широкий интервал между полями постоянного снега и сопутствующими им ледниками не намного превышал тысячи миль.

Наблюдая нынешнее постепенное отступление тех остатков льда, которые остаются просто клочками древних полей, на первый взгляд кажется вероятным, что расширение и спад великих ледников происходили чрезвычайно медленно. Измеряемый с точки зрения человеческой жизни, с точки зрения того, как мы оцениваем события человеческой истории, этот процесс, несомненно, был медленным. Однако есть основания полагать, что приход и уход были, в геологическом смысле, быстрыми; возможно, какое-то время они действительно происходили с поразительной быстротой. Возвращаясь ко времени геологического вчерашнего дня, до того, как лед начал формироваться в северном полушарии, все свидетельства, которые мы можем найти, по-видимому, указывают на умеренный климат, простирающийся далеко к северному полюсу. Миоценовые отложения, обнаруженные в пределах двенадцати градусов, или чуть более семисот миль, от северного полюса, и практически в пределах области самых низких температур, существующих сейчас на земле, показывают по содержащимся в них растительным остаткам, что условия позволяли расти лесам, растения, имеющие довольно близкое сходство с теми, которые сейчас свободно произрастают в южной части долины Миссисипи. Среди них есть виды, которые имели привычку сохранять свои широкие, довольно мягкие листья в течение всего зимнего сезона. Одним словом, климат, по-видимому, был таким, при котором среднегодовая температура должна была быть на тридцать градусов или более выше нынешнего среднего значения в этой области. Хотя такие условия вблизи уровня моря не противоречат предположению о существовании ледников в более высоких горах севера, они явно отрицают возможность того, что эта область была занята континентальными ледниками.

Хотя отложения плиоцена, образовавшиеся в высоких широтах, в значительной степени были сметены последующим оледенением, их окаменелости указывают на изменение климата в сторону большего похолодания. Мы прослеживаем это изменение, хотя и неясно, постепенным образом до точки, где записи прерываются, и следующее интерпретируемое указание, которое у нас есть, заключается в том, что ледяной покров простирался где-то вблизи отмеченных нами пределов. Затем мы вынуждены искать все, что мы можем, относительно пребывания льда на суше, исходя из степени износа, который он нанес занимаемым им участкам. Это свидетельство имеет определенную, хотя, как мы увидим, ограниченную ценность.

Когда исследователи ледниковых процессов впервые приступили к великой задаче интерпретации этих записей, они пришли к предположению, что объем вырубки горных пород льдом был очень велик. Наблюдая за тем, что происходит, как мы уже отмечали, под долинным ледником, таким, как в Швейцарии, они увидели, что работа со льдом продолжалась быстро, и пришли к выводу, что если лед долго остается на месте в каком-либо регионе, он должен вызвать сильную эрозию. В какой-то части своих посылок они были правы, но, как мы увидим, вероятно, в другой части ошибались. Внимательно осматривая поле, где действовал лед, мы отмечаем, что, хотя на первый взгляд кажется, что местность утратила все следы своего доледникового речного рельефа, этот аспект обусловлен главным образом неправильным укладом ледниковых отходов. Тщательное

изучение показывает нам, что мы, как правило, можем проследить старые долины ручьев вплоть до тех, которые были не больше ручьев. Верно, что эти каналы обычно и во многих местах почти полностью засыпаны мусором, но тщательное изучение вопроса убедило автора, и это вопреки предыдущему мнению, что степень эрозии в Новой Англии и Канаде, где работы были, вероятно, такими же масштабными, как и везде, в среднем не превышала ста футов и, вероятно, была намного меньше этой величины.

Даже в районе к северу от озера Онтарио, где лед был глубоким и сохранялся в течение длительного времени, степень эрозии исключительно мала. Таким образом, к северу от Кингстона небольшие долины в известняковых породах, прорезанные предледниковыми потоками, хотя и несколько загроможденные дрейфом, остаются почти такими же отчетливыми, как и на аналогичных пластах в центральном Кентукки, значительно южнее поля, которое занимал лед. На самом деле, ледяной покров, по-видимому, выполнил большую часть своей работы и сильнее всего повлиял на поверхность в поясе страны шириной в несколько сотен миль по краям покрова. Следовало ожидать, что в континентальном леднике, как и в горных долинах, большая часть *обломков* должна скапливаться на границе, где материалы выпали из льда. Но почему режущее действие должно быть наибольшим в этом маргинальном поле, на первый взгляд непонятно. Чтобы как можно лучше объяснить эту и другие особенности, мы сейчас рассмотрим вероятную историю великого ледяного похода заранее и отступления, а затем рассмотрим условия, которые привели к его развитию и исчезновению.

Лед во многих отношениях является самым замечательным веществом, с которым приходится иметь дело физику, и одной из его выдающихся особенностей является то, что он расширяется при замерзании, в то время как обычно вещества сжимаются при переходе из жидкого состояния в твердое. В связи с этим замороженная вода действует уникальным образом при воздействии давления. Для каждой дополнительной атмосферы давления — веса, составляющего примерно пятнадцать фунтов на квадратный дюйм, — температура, при которой лед будет таять, понижается на величину шестнадцати тысячных градуса по Цельсию. Если мы возьмем кусок льда при температуре замерзания и приложим к нему достаточный вес, мы неизбежно вызовем небольшое таяние. Там, где мы можем исследовать массу при благоприятных условиях, мы можем видеть, как жидкость собирается вдоль линий кристаллов или других кусочков, из которых состоит лед. Мы легко отмечаем это действие, соединяя два кусочка льда вместе с небольшим нажимом; когда давление будет снято, они приклеятся. Адгезия обусловлена не какой-либо липкостью материалов, поскольку вещество не обладает таким свойством. Это достигается путем плавления вдоль линии соприкосновения, которое образует пленку воды, которая сразу же повторно замерзает при снижении давления. Когда путем равномерного прессования снега получается плотный снежный ком, описанным способом образуются бесчисленные подобные спайки. Дело в том, что при температуре, при которой лед обычно образуется, давление на него обязательно приведет к таянию.

Последствия таяния под давлением, описанные выше, чрезвычайно сложны для ледников. Поскольку лед встраивается в ледник при температуре значительно ниже точки замерзания, требуется большая толщина массы, прежде чем ее избыточный вес станет достаточным для того, чтобы вызвать таяние в его нижних частях. Если бы мы

знали высоту, на которой должен был стоять термометр на поверхности льда древнего ледника, покрывавшего северную часть Северной Америки, мы могли бы с некоторой точностью вычислить, какой толщины он должен был быть, прежде чем одно только воздействие давления привело бы к таянию; но даже тогда нам пришлось бы учитывать температуру, полученную в результате растирания льда о дно и произведенного там дробления горных пород, а также тепло, которое постоянно, хотя и медленно, исходит из недр земли. В результате мы можем только сказать, что на некоторой глубине, вероятно, менее мили, медленно накапливающийся лед приобрел бы такую температуру, что под действием веса, превышающего его, материал, находящийся рядом со дном, расплавился бы или, по крайней мере, превратился бы в илистоподобное состояние, в котором он не мог бы тереться о дно или перемещать камни подобно обычным ледникам.

Как только лед приобретет это жидкое или размягченное состояние, он будет вытесняться в область, где из-за истончения ледника он попадет в область, где таяние под давлением не происходит. Затем он вновь обретет твердое состояние и оттуда отправится к кромке льда обычным способом. Таким образом, мы можем представить, как такой ледник, который занимал северную часть этого континента, мог переместиться из центральных частей к его периферии, чего мы не сможем сделать, если предположим, что ледник повсюду лежал на скальном основании. В Цинциннати нет склона от озера Эри до реки Огайо. Зная, что лед двигался по этой линии, есть только два метода объяснения его движения: либо наклон верхней поверхности к северу был настолько крутым, что масса таким образом была бы сброшена вниз, верхние части увлекли бы за собой дно, либо ледяной покров на большей части своего протяжения опирался на расплавленную под давлением воду или шламовый лед, который легко выдавливался вперед. Первое предположение представляется неприемлемым по той причине, что глубина льда в Гудзоновом заливе должна составлять много миль, чтобы его верхняя поверхность имела достаточный уклон, чтобы преодолеть жесткость материала и вызвать движение. Мы знаем, что любая такая глубина невозможна.

Недавние исследования в Гренландии предоставляют нам убедительные доказательства в поддержку точки зрения, которая здесь выдвигается. Широкое центральное поле этой области, где лед имеет чрезвычайно небольшой уклон и не изрезан трещинами, не может быть объяснено иначе, как исходя из предположения, что он покоится на расплавленной под давлением воде. Более тонкий участок рядом с берегом, где ледник разрушается в результате тех нерегулярных движений, которые неизбежно вызывает его борьба со дном, показывает, что там он соприкасается со скальным грунтом, поскольку ведет себя точно так же, как долинные ледники такой же толщины.

Предложенный выше взгляд на состояние континентальных ледников позволяет нам объяснить не только их движение, но и относительно небольшое разрушение, которое они вызвали на землях, которые они занимали. Начав формироваться в горных районах или вблизи полюсов на равнинах, эти пласты, как только они достигали толщины, при которой лед у их основания расплавлялся, быстро продвигались на большие расстояния, пока не достигали районов, где таяние превышало запасы замороженного материала. В этой экскурсии эрозионную работу будет выполнять только окраинная часть ледника. Очевидно, это продолжалось бы в течение наибольшего периода времени вблизи

передней или внешней кромки ледяного поля, поскольку там, как мы можем предположить, режущий край дольше всего опирался бы на скальное дно местности. По мере отступления льда этот край отступал; таким образом, при отступлении, как и при наступлении, все поле подвергалось определенной эрозии. Исходя из этого предположения, мы должны ожидать, что передняя часть континентального ледника, питаемая расплавленной под давлением водой из всех его внутренних районов, которая превратилась в лед, достигнет гораздо более теплых областей, чем потоки в долинах, где весь поток протекал в состоянии льда, и, более того, что скорость движения по краю будет намного выше, чем у альпийских потоков. Эти предположения хорошо подтверждаются изучением существующих континентальных ледяных щитов, которые движутся с необычайной скоростью на своих фронтах, и древних ледников, которые, очевидно, простирались в довольно теплых областях. Таким образом, когда фронт ледостава находился на месте Цинциннати, на высоте шестисот футов над уровнем моря, в горах Северной Каролины не было ледников, хотя они возвышаются более чем на пять тысяч футов и находятся менее чем в двухстах милях южнее. Таким образом, очевидно, что континентальный ледник в это время продвигался на юг, в сравнительно теплую страну, чего не мог бы сделать ни один поток, движущийся подобно долинному леднику.

Континентальным ледникам во многих случаях удается переносить обломки с большого расстояния. Таким образом, когда ледяной покров продвинулся на юг из районов к северу от Великих озер, он перенес большое количество *обломков* из этого участка на юг до реки Огайо. Частично этот мусор был унесен вперед льдом по мере продвижения ледяного покрова; частично его подталкивали вперед потоки жидкой воды, образовавшиеся в результате обычного процесса таяния льда. Такие подледниковые реки, по-видимому, образовались по краям всех великих ледников. Иногда мы можем проследить их течение по проделанным ими раскопкам, но чаще всего по длинным грядам слоистого песка и гравия, которые были набиты в пещеры, вырытые этими подледными реками, которые известны гляциологам как *эскеры*, или змеиные пещеры. Во многих случаях мы можем проследить, где эти ручьи текли вверх по течению в старых речных долинах, пока они не вышли за пределы своих верховьев. Так, в долине Джenezи, которая сейчас течет из Пенсильвании, где она впадает против притоков Огайо и Саскуэханна в озеро Онтарио, в ледниковую эпоху протекала значительная река, которая сбрасывала свои воды в реки Огайо и Саскуэханна через водопады в начале своего течения.



Фронт ледника Мьюир, показывающий лед, входящий в море; также небольшие айсберги.

Эффект широко распространенного ледникового воздействия на такую страну, как Северная Америка, по-видимому, заключался, в первую очередь, в нарушении положения суши путем обрушения участков ее поверхности, процесс, который привел к восстанию других частей, лежащих за пределами царства льда. В пределах области оледенения, поскольку лед полностью лежал на поверхности, горные породы быстро стирались. Большая часть обломков была измельчена в мелкий порошок и далеко ушла с водами текущих ручьев. Большая часть была запутана во льду и продвинулась вперед, к передней части ледника, где она либо была сброшена на край, либо во время спада ледника оказалась на поверхности, когда лед растаял. Результатом этой эрозии и транспортировки стало изменение состояния поверхности как с точки зрения почвы, так и дренажа. Как читатель, несомненно, понял, обычная почва за пределами речных долин образуется из скальных пород, под которыми она находится. В районах, покрытых ледниками, материал обычно привозят со значительного расстояния, часто за много миль. Эти покрытые льдом почвы редко бывают очень плодородными, но обычно они очень устойчивы к обработке, и это по той причине, что почва обновляется за счет разложения содержащихся в ней камешков. Более того, в то время как обрабатываемая земля в других регионах обычно имеет ограниченную глубину, углубляясь в полупочву или подпочву, которые представляют собой мало измененные породы ложа, ледниковые отложения обычно можно вспахивать так глубоко, как это может оказаться желательным.

Дренаж в стране, недавно пострадавшей от ледников, всегда несовершенен. Из-за неравномерной эрозии пород дна и еще более неравномерного отложения детрита существует очень много озер, которые заполняются лишь медленно или в результате

эрозии образуются дренажные каналы. Хотя прошло несколько тысяч лет с тех пор, как лед исчез с территории Северной Америки, чем больше остается площадь этих пресноводных бассейнов, тем большее их количество, в основном небольших по размеру, закрылось.

Там, где ледяной поток спускается в море или в большое озеро, глубина которого примерно равна толщине льда, относительная легкость льда заставляет его плавать, и вскоре он отделяется от основной массы, образуя айсберг. Там, где, как это обычно бывает с теми ледниками, которые впадают в океан, течение проносится мимо места образования айсберга, оно может отправиться в путешествие, которое может унести массу за тысячи миль от ее источника. Айсберги, отделенные от ледников Гренландии и от ледников южного полюса, часто бывают очень больших размеров; иногда они достигают нескольких тысяч футов в толщину и нескольких миль в длину. Часто бывает, что эти айсберги образованы из льда, который содержит в своей нижней части большое количество каменных *обломков*. По мере того как затопленная часть ледника тает в морской воде, эти камни постепенно опускаются на дно, так что груз одного айсберга может быть разбросан по линии длиной во много сотен миль. Иногда случается, что ледяная масса тает медленнее в тех частях, которые находятся в воздухе, чем в ее подводных частях. Таким образом, ледник становится тяжелым сверху и переворачивается, и в этом случае оставшийся каменистый материал достигает положения, при котором его можно переносить на большее расстояние, чем если бы ледник не опрокидывался. Действительно, вполне вероятно, что время от времени осколки породы из Гренландии выпадают на дно океана в той части Атлантики, которую пересекают пароходы между нашими атлантическими портами и Великобританией.

За исключением рисков, которые они несут для мореплавателей, айсберги не имеют существенного значения. Это правда, что они в некоторой степени влияют на температуру моря и воздуха, а также служат для переноса каменных обломков далеко в море способом, на который не может повлиять никакой другой агент; но, в целом, их влияние на условия на земле незначительно.

Айсберги в некоторых случаях представляют собой интересные показатели движения океанических течений, которые, хотя и быстро движутся на глубине под поверхностью, не проявляют себя на морской равнине. Так, в районе Гренландии, особенно в проливе Дэвиса, были замечены айсберги, пробивающиеся на юг со значительной скоростью по обычному поверхностному льду, который либо находился в состоянии покоя, либо двигался в противоположном направлении. Цепочка этих айсбергов, которая движется вверх от южного полярного континента, к западу от Патагонии, также очень убедительно указывает на существование очень сильного северного течения в этой части океана.

Теперь мы должны рассмотреть причины, которые могли привести к такому значительному расширению ледяного покрова, как это произошло в последний

ледниковый период. Здесь мы снова оказываемся на границах геологических знаний и в области, где нет хорошо расчищенных путей для понимания. Сталкиваясь с этой проблемой, мы должны сначала отметить, что те, кто придерживается мнения, что ледниковый период означает очень холодный климат в регионах, где лед достиг своего распространения, вероятно, ошибаются. Каким бы естественным ни казалось объяснение чрезмерного похолодания как причины оледенения, факты показывают нам, что мы не можем придерживаться такой точки зрения. В Сибири и в частях Северной Америки, граничащих с Северным Ледовитым океаном, средний мороз настолько силен, что земля постоянно промерзает — как, например, в районе Клондайк — на глубину сотен футов, оттаивая только на поверхности теплым летом. Во всем этом регионе достаточно холодно для образования ледников, но выпадает недостаточно снега, чтобы поддерживать их в рабочем состоянии. С другой стороны, в Гренландии и в меньшей, хотя и заметной степени в Скандинавии, где воды Северной Атлантики несколько смягчают суровость холодов и в то же время вызывают более обильный снегопад, причем эти два явления тесно связаны, у нас очень обширные ледники. Такие факты, которые можно было бы значительно расширить, ясно показывают, что климат ледниковых периодов, должно быть, характеризовался обильными снегопадами, а не самыми сильными холодами.

Очевидно, что для того, чтобы снова покрыть бореальные части Северной Америки ледниковым покровом, потребовалось бы не значительное снижение тепла, а увеличение зимнего вклада замерзшей воды. Даже если бы тепло, выделившееся в результате этого снегопада, повысило среднюю температуру зимы, что, несомненно, произошло бы в значительной степени, снег не растаял бы. То, что снегопад имеет тенденцию нагревать воздух, высвобождая тепло, которое использовалось для поддержания воды в парообразном состоянии, хорошо видно по потеплению, сопровождающему обычную метель. Даже если осень начнется с температуры около 0 ° по Фаренгейту, воздух наверняка поднимется почти до точки замерзания.

Очевидно, что для того, чтобы вызвать очень значительное увеличение количества выпадающего снега, не требуется значительного изменения температуры. При обычной смене сезонов мы часто отмечаем наступление зим, в течение которых количество выпадающего снега намного превышает среднее, хотя это и не может быть объяснено значительными климатическими изменениями. Мы должны объяснить эти отклонения от нормальной погоды, предположив, что атмосферные течения приносят с моря больше обычного количества влаги в период, когда выпадают обильные снегопады. На самом деле, объясняя колебания влажности суши, независимо от того, носят ли они постоянный характер или те, которые можно назвать случайными, мы всегда должны обращать внимание на те особенности, которые определяют поступление паров с огромного пространства океана, где они попадают в воздух. Кроме того, мы должны отметить, что эти особенности климата зависят от довольно незначительных географических случайностей. Таким образом, снегопады в северной Европе, которые служат для поддержания оледенения этого региона, и, что достаточно любопытно, в некоторой степени общее тепло в нем, зависят от движения Гольфстрима из тропиков в высокие широты. Если бы в результате какого-либо географического изменения, такого, которое произошло бы, если бы Центральная Америка опустилась настолько, чтобы создать

свободный проход для ее вод на запад, ледники Гренландии и Скандинавии исчезли бы, и в то же время температура в них значительно понизилась бы. Таким образом, наиболее очевидную причину оледенения следует искать в тех изменениях суши, которые влияют на движение океанических течений.

Применяя этот принцип к северному полушарию, мы можем в некотором смысле представить изменение, которое, вероятно, привело бы к возвращению такого ледникового периода, как тот, из которого сейчас выходит бореальная область. Давайте предположим, что область не очень высокой суши вокруг Берингова пролива должна опуститься, чтобы предоставить Куро Сиво, или северотихоокеанский эквивалент нашего Гольфстрима, возможность войти в Северное Ледовитое море с чем-то вроде свободы, с которой североатлантическому течению позволено проникать в высокие широты. Кажется вероятным, что это тихоокеанское течение, которое по объему и теплоте сравнимо с атлантическим, настолько повысило бы температуру арктических вод, что их обширное поле стало бы очагом сильного испарения. Еще раз отмечая тот факт, что ледники Гренландии, как и Норвегии, питаются из морей, прогреваемых Гольфстримом, мы должны ожидать, что результатом этого изменения будет образование аналогичных ледяных полей на всех землях вблизи этого океана.

Применяя данные, собранные доктором Кроллом для Гольфстрима, представляется вероятным, что среднегодовая температура, индуцируемая в Северном Ледовитом океане свободным входом японского течения, будет составлять от 20 ° до 30 ° по Фаренгейту. Это превратило бы это обширное водное царство в область сильного испарения, значительно увеличив годовое количество осадков. Также представляется несомненным, что большая часть этих осадков была бы в виде снега. Автору представляется, что одной этой причины может быть достаточно для объяснения последнего ледникового периода в северном полушарии. Что касается вероятности того, что район около Берингова пролива мог быть понижен способом, требуемым этой точкой зрения, можно сказать, что недавние исследования региона около горы Святого Ильи показывают, что во время или сразу после ледниковой эпохи берега в этой части Аляски были по крайней мере на четыре тысячи футов ниже, чем в настоящее время. Поскольку это всего лишь небольшое расстояние от суши, которую, как мы должны были бы предположить, следовало бы понизить, чтобы впустить японское течение, мы могли бы справедливо заключить, что требуемое изменение произошло. Что касается причины движения суши, геологи все еще сомневаются. Однако они знают, что положение суши чрезвычайно неустойчиво и что берега редко сохраняют свое положение в течение сколько-нибудь значительного времени. Вполне вероятно, что эти колебания земной поверхности происходят из-за постоянно меняющихся сочетаний веса в различных частях земной коры и напряжений, возникающих в результате сжатия ее внутренних частей.

В более крупных процессах Природы следствия, которые мы наблюдаем, какими бы простыми они ни были, редко являются результатом действия одной-единственной причины. На самом деле, существует несколько действий, настолько ограниченных, что их справедливо можно отнести к одному влиянию. Поэтому уместно заявить, что существует множество других действий, помимо отмеченных выше, которые, вероятно,

входят в те сложные уравнения, которые определяют климатические условия земли. Наличие их привело бы нас к трудным и умозрительным исследованиям.

Как отмечалось ранее, все регионы, подвергшиеся оледенению, по-прежнему каждый год временно переходят в ледниковое состояние. Этот факт служит для того, чтобы показать нам, что изменения, необходимые для образования огромных ледяных покровов, не обязательно носят поразительный характер, какими бы серьезными ни были последствия. Предполагая, таким образом, что относительно незначительные изменения климата могут вызывать появление и исчезновение ледяного покрова, мы можем сказать, что все влияния, которые были предложены исследователями оледенения, и различные другие, более незначительные причины, которые здесь не могут быть отмечены, могли действовать совместно, чтобы привести к необычному результату. В этом уравнении географические изменения повлияли на течение океанских течений и, вероятно, были наиболее влиятельной или, по крайней мере, самой распространенной причиной, к которой мы должны отнести расширение ледяных покровов. Далее, изменение солнечного тепла можно рассматривать как действие, приводящее к изменениям; однако, к сожалению, у нас нет прямых доказательств того, что это эффективная причина. В-третьих, изменения эксцентриситета земной орбиты в сочетании с прецессией точек равноденствия и вращением апсид можно рассматривать как действующие. Последнее из всех, что необходимо учитывать, - изменения в составе атмосферы. К этому следует добавить, как уже отмечалось, множество менее важных действий, влияющих на этот удивительно тонкий механизм, работа которого выражается в явлениях, объединенных под названием климат.

Постепенно накапливаются свидетельства, свидетельствующие о том, что более или менее важные ледниковые периоды часто происходили на всех этапах истории земли, о которых у нас есть отчетливые сведения. Поскольку эти несчастные случаи пишут свою историю только на земле и в некотором смысле непостоянно, трудно проследить ледниковые периоды древних геологических периодов. Царапины на камнях дна и скопления обломков, образовавшиеся при исчезновении льда, в равной степени были стерты возбудителями гниения. Тем не менее, мы можем проследить кое-где в более древних слоях скопления галечного вещества, часто содержащего большие валуны, которые явно были сформированы и собраны воедино ледниковым воздействием. Они обнаружены в некоторых экземплярах далеко к югу от региона, занятого ледниками в последнюю ледниковую эпоху. Они встречаются в породах кембрийского или силурийского возраста в восточном Теннесси и западной части Северной Каролины; они также встречаются в Индии за пределами, которых достигли ледники в наше время.

Завершая этот неадекватный отчет о ледниковых явлениях, история, для полного изложения которой потребовалось бы много томов, читателю полезно еще раз подумать о том, насколько незначительны изменения климата, которые могут поочередно лишать жизни значительные части суши и снова быстро возвращать поля на службу растениям и животным. Он вполне может вообразить, что эти изменения, перемещая живые существа туда-сюда, глубоко влияют на историю их развития. Этот вопрос будет рассмотрен в томе, посвященном истории органических существ.

Когда лед сошел с северной части этого континента, поверхность страны, придавленная весом ледника, все еще оставалась вдавленной на значительную глубину ниже уровня моря, причем глубина вдавления варьировалась от где-то около ста футов на юге Новой Англии до тысячи футов или более в высоких широтах. Над этой областью, лежавшей ниже уровня моря, ледник, когда он стал достаточно тонким, чтобы плавать, несомненно, был разбит на айсберги, подобно тому, как мы сейчас наблюдаем их вдоль побережья Гренландии. Там, где берег был охвачен сильным течением, эти айсберги, несомненно, отнесло течением; но на большей части береговой линии они, по-видимому, лежали плотными группами у берегов, постепенно доставляя на дно свой груз камней и более мелких *обломков*. Эти массы плавучего льда во многих случаях, по-видимому, препятствовали тому, чтобы морские волны достигали берега, и, таким образом, препятствовали образованию тех пляжей, которые в их нынешнем приподнятом состоянии позволяют нам интерпретировать старое положение моря вдоль береговых линий, которые недавно были приподняты. Здесь и там, однако, от Нью-Джерси до Гренландии мы находим фрагменты этих древних берегов, которые ясно рассказывают историю погружения суши под тяжестью льда, что является столь поучительной чертой в истории того периода.

ГЛАВА VII.

РАБОТА ПОДЗЕМНЫХ ВОД.

Мы уже отмечали два способа, с помощью которых вода проникает под землю. Самый простой и масштабный метод, с помощью которого осуществляется это действие, заключается в накоплении жидкости по мере того, как частицы породы укладываются на дно морей или озер. Заключенная таким образом вода прочно удерживается в щелях камня, со временем она вбирает в свою массу определенное количество минеральных материалов, которые содержатся в глубоко залегающих породах. Другая часть грунтовых вод — та, которой мы сейчас уделяем особое внимание, — образуется в результате дождя, который стекает в трещины земли; следовательно, она характерна для этих земель. Для удобства мы будем называть исходную внедренную жидкость *водой из горных пород* и ту, которая образуется из дождевой *воды из расщелин*, обе они образуют массу земной воды.

Подземные воды земли, хотя и образуют одновременно лишь очень малую долю скрытой жидкости, являются чрезвычайно мощным геологическим агентом, выполняющим работу, которая, хотя и невидима, но создает те самые основы, на которых покоится жизнь как на суше, так и на море. Когда эта вода попадает в землю, хотя она очищена от всех минеральных веществ, она уже начала приобретать долю газообразного вещества, углекислоты, или, как ее теперь называют химики, двуокиси углерода, которая позволяет жидкости начать свою удивительную деятельность. При выпадении в виде дождя, вероятно, еще до того, как он собрался в виде капель в облачном царстве, вода поглощает определенную часть этого газа из атмосферы. Попадая в почву, где разлагающееся органическое вещество в изобилии выделяет углекислый газ, образуется дополнительный запас газа. При обычном давлении воздуха вода может поглощать во много раз больше газа, чем обычно.

Непосредственный эффект углекислоты при ее поглощении водой заключается в значительном увеличении способности этой жидкости превращать минеральные вещества в раствор. Насыщенная этим газом, в том количестве, в каком он может содержаться в почве, вода способна растворить примерно в пятьдесят раз больше известняка, чем она может поглотить в своем идеально чистом виде. Знакомый пример этой особой емкости, которую придает газ, часто можно увидеть там, где вода из фонтанчика с газированной водой капает на мраморную плиту под ним. Через несколько лет эта плита значительно проржавеет, хотя чистая вода в то же время не оказала бы на нее никакого воздействия.

Первое и, безусловно, самое важное воздействие щелевой воды осуществляется на почву, которая одновременно является продуктом этого воздействия, и на лабораторию, где выполняется большая часть работы. Проникая между зернами обломочного покрытия, удерживаясь в больших количествах в покрытии и постоянно находясь в замедленном движении, насыщенная газом вода превращает множество веществ в раствор и приводит их в состояние, при котором они могут вступать в химическую реакцию друг с другом. Эти материалы постоянно подаются к корням растений и приводятся в контакт с

подстилающей породой, которая еще не перешла в состояние почвы. Изменения, вызванные в этом каменистом веществе, приводят к его разрушению или, по крайней мере, к его размягчению до такой степени, что корни могут проникнуть в него и завершить его разрушение. Таким образом, получается, что вода, которая в значительной степени разрушает горные породы до состояния почвы, которая постоянно размывает материал на поверхности или вымывает его через источники, также участвует в восстановлении слоя снизу.

Большая часть воды, которая попадает в почву, не проникает на большую глубину в подстилающие породы, а выходит на поверхность после непродолжительного путешествия в виде небольших родников. Как правило, эти поверхностные источники не вытекают из отдельных каналов, а массово стекают, хотя и медленно, вниз по склонам, пока не впадают в водное русло. Вдоль берегов любой реки, какой бы маленькой она ни была, или вдоль берегов моря яма глубиной в несколько дюймов чуть выше уровня воды будет быстро заполнена потоком из этого слоя, который лежит под землей. На некотором расстоянии от ручья этот пластовый источник соприкасается с донными породами и может находиться на много футов ниже поверхности, но он доходит до уровня реки или моря у их берегов. Кое-где форма донных пород, напоминающих сходящиеся крыши домов, приводит к тому, что поверхностные источники образуют небольшие трубообразные каналы для отвода собранных в них вод, и поток выходит из них в определенной точке. Почти все эти источники значительного стока возникают из-за воздействия воды на нижележащую породу, где мы сейчас проследим за той частью воды из расщелин, которая проникает глубоко в землю.

Почти все горные породы, какими бы прочными они ни казались, разделены расщелинами, которые простираются от уровня почвы до глубины в тысячи футов. Эта арендная плата частично возникает из-за деформаций при горообразовании, которые, как правило, разрушают самый твердый камень, оставляя открытые трещины. Они также формируются другими способами, например, с помощью несовершенных понятий факторов, которые создают совместные планы. Часто бывает так, что там, где горные породы сильно наклонены, вода находит путь вниз между слоями, которые не совсем спаяны друг с другом, или слой крупного материала, такого как песчаник или конгломерат, может обеспечить легкий путь, по которому вода может опускаться на многие мили под поверхность. Проходя через труднорастворимые породы, вода, уже в значительной степени насыщенная минеральными веществами при прохождении через почву, может не выполнять больших земляных работ и даже по прошествии длительного времени может лишь незначительно увеличить пространства, в которых она может храниться, или каналы, по которым она выходит на поверхность. Следовательно, во многих странах, даже там, где воды проникают глубоко, нет крупных источников. В противном случае щелевые воды попадают в известняки, состоящие из материалов, которые легко растворяются. В таких местах мы обнаруживаем, что дождь так легко проникает в нижележащие породы, что ни одна часть осадков не попадает сразу в ручьи, а вся проходит долгий подземный путь.

В любом известняковом районе, где слои материала толстые и относительно чистые — как, например, в районе каверн в южном Кентукки, — путешественник, попадающий в этот регион, сразу замечает, что обычные небольшие ручьи, которые он привык видеть пересекающими поверхность страны в каждом регионе со значительным количеством осадков, полностью отсутствуют. На их месте он повсюду отмечает ямкообразные углубления чашеобразной формы, сливные отверстия, о которых мы уже упоминали. Через отверстия на дне этих отверстий дождевые воды спускаются в глубины земли. Хотя большинство из этих углублений имеют на дне лишь небольшие отверстия, время от времени в одном из них встречается вертикальная шахта, достаточно большая, чтобы исследователь мог спуститься в нее, хотя его нужно опускать вниз, как шахтера, спускающегося в шахту. На самом деле, путешествие почти всегда сопряжено с определенными опасностями; его следует предпринимать только с соблюдением множества мер предосторожности для обеспечения безопасности.

Когда человека спускают через открытое сливное отверстие, хотя поначалу спуск может быть несколько извилистым, исследователь вскоре обнаруживает, что свободно парит в воздухе, это может быть в точке, расположенной на высоте нескольких сотен футов над основанием бутылкообразной шахты или купола, в которую он вошел. Обычно горлышко бутылки образуется там, где вода проложила себе путь через довольно песчаный известняк, горную породу, которая не была легко растворена водой. В чистых и, следовательно, легко режущихся слоях известняка полость быстро расширяется до тех пор, пока свет фонаря не может не обнажить ее стенки. Дальше вниз, вероятно, находится полка, состоящая из другого нечистого известняка, который простирается примерно посередине шахты. Если исследователь сможет приземлиться на эту полку, он обязательно обнаружит, что от этого несовершенного пола пещера уходит в одну или несколько горизонтальных галерей, по которым он может пройти большое расстояние, пока не достигнет точки, где снова есть отверстие в твердом слое, похожее на колодец, с другим куполообразным основанием под ним. Вернувшись к главной шахте, исследователь может продолжить свой спуск, пока не достигнет основания этой вертикальной секции пещеры, где он, вероятно, окажется в бассейне с водой небольшой глубины, дно которого занято большим количеством мелких твердых камней кремнистой природы, которые, очевидно, попали из верхних частей пещеры. Внимательный наблюдатель заметил бы, что кое-где в известняке встречаются кремнистые обломки, подобные тем, которые он находит в бассейне. От подножия купола решительный исследователь часто может пройти по галереям, ведущим с этого уровня, хотя до того места, где он выходит из пещеры на берег реки под открытым небом, может пройти несколько миль.

Хотя путешествие через сливные отверстия через систему пещер заслуживает похвалы по той причине, что это русло пещерных вод, в целом лучше всего приближаться к пещере через их выходы вдоль берегов ручья или через случайные отверстия, которые тут и там образовались в результате обрушения их крыш. Одним из преимуществ этой входной полости является то, что таким образом мы можем приблизиться к пещере во время сильного дождя, когда процессы, приводящие к их строительству, находятся в полной активности. Подойдя таким образом к одному из куполов, образованных под сливным

отверстием, мы можем наблюдать в дождливую погоду, что вода, падающая в глубокую шахту, с огромной силой ударяется о дно; во многих пещерах Кентукки она падает с большей высоты, чем Ниагара. В такие моменты камни в бассейне на дне шахты энергично вращаются, и в своем движении они прорезают камни на дне бассейна — фактически, эта впадина представляет собой большую котловину, подобную тем, что образуются у основания открытых каскадов. Теперь легко интерпретировать общие принципы, которые определяют архитектуру пещерного царства.

Когда вода впервые попадает в землю, вся работа, которую она выполняет на начальных этапах формирования каверн, выполняется раствором. По мере увеличения и углубления расщелины поток набирает скорость и начинает использовать куски твердой породы при бурении. Таким образом, он воздействует сверху вниз за счет смешанного механического и химического воздействия до тех пор, пока не наткнется на твердый слой. Затем вода ползет горизонтально по мягкому слою, выполняя большую часть своей работы с раствором, пока не найдет расщелину в полу, через которую сможет продвигаться дальше в направлении вниз; таким образом, она продвигается ступенчато, пока не выроет каналы к открытому ручью. Со временем вертикальный обвал под сливным отверстием прорежет твердый слой, когда вода, покинув первую линию выхода, сформирует другую на более низком уровне, и со временем получится, что в пещере может быть несколько этажей, причем самый нижний будет раскопан последним. Из всей проделанной таким образом работы лишь малая часть выполняется за счет падения воды, действующей посредством сверления ее инструментов, кусков камня, упомянутых выше; основная часть задачи выполняется за счет растворяющего действия газированных вод на известняк. Автор подсчитал, что в системе пещер, известной как пещера Мамонта в Кентукки, по меньшей мере девять десятых камня было удалено в состоянии раствора.

При первых раскопках камеры известняковой пещеры не обладают особой красотой, привлекающей внимание. Изгибы стен иногда изящны, но вид комнат, хотя и в определенной степени величественный, никогда не бывает очаровательным. Однако, когда вода перестает пробивать отверстия, когда они осушаются в результате образования каналов на более низком уровне, обычно начинается процесс, известный как сталактизация, который превращает сцену в зрелище исключительной красоты. Мы уже отмечали тот факт, что повсюду в обычных горных породах есть расщелины, через которые вода, движущаяся под давлением жидкости, находящейся наверху, может медленно спускаться вниз. В известняковых сводах пещер, особенно на верхних этажах, эта влага проходит через мириады невидимых трещин с такой медленной скоростью, что часто испаряется в сухом воздухе, не попадая на пол. Когда вода выходит из горных пород, она насыщается различными солями извести; когда она испаряется, материал остается на крыше. Там, где отток настолько незначителен, что жидкость не собирается в капли, она образует известковую корку, которая часто собирается в красивых формах, похожих на цветы, или, возможно, в форме листа алебаstra. Там, где образуются капли, с потолка спускается небольшой свисающий конус, по которому течет вода и на котором она испаряется. Этот конус медленно растет вниз, пока не достигнет пола камеры, высота которой составляет тридцать футов или более. Если вся вода не испаряется, то та, что стекает с вершины конуса, ударяясь о пол, выплескивается тонким слоем, так что она

быстро испаряется, откладывает известняк и таким образом образует другой, более грубый конус, который растет вверх к тому, что висит над ним. Наконец, они срастаются, увеличиваясь в результате процесса, который их создал, пока не образуется могучая колонна, изваянная словно руками фантастического архитектора.

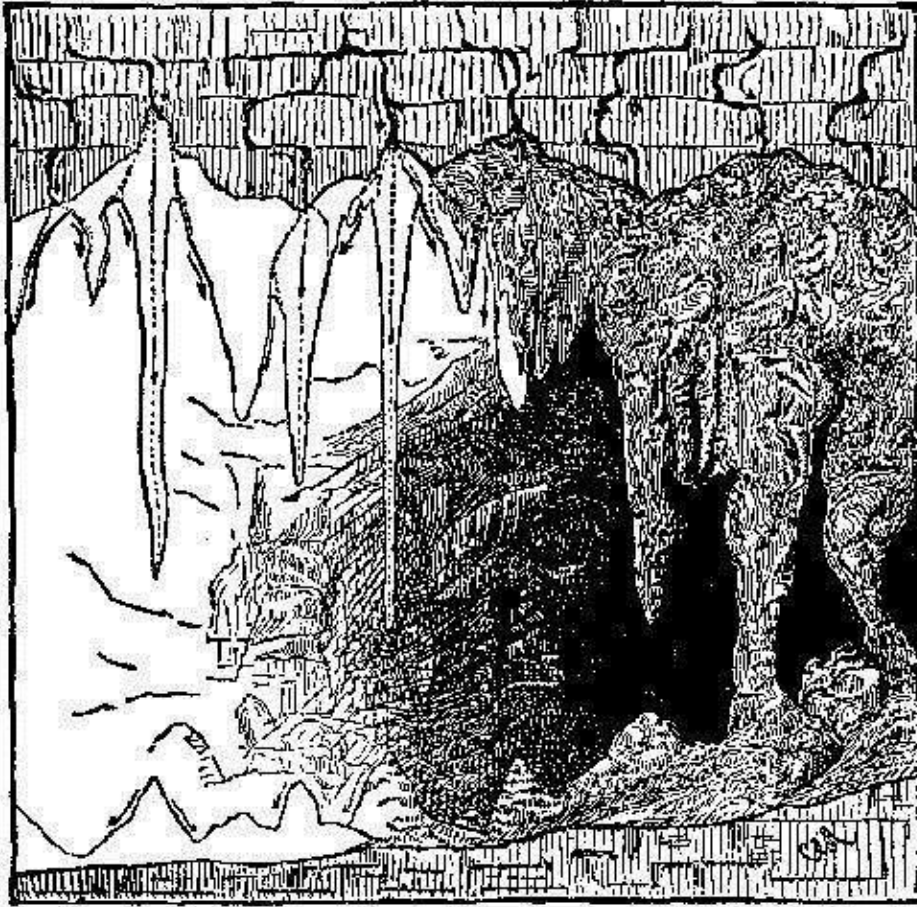


Рис. 13. Сталактиты и сталагмиты

на крыше и полу пещеры. Стрелки показывают направление движения воды.

Все то время, пока подземные потоки прорезают пещеры вниз, реки под открытым небом, в которые они впадают, углубляют свои русла и тем самым готовятся к строительству еще более низких этажей пещер. Эти ручьи под открытым небом обычно текут по узким долинам с крутыми склонами, которые сами по себе были пещерами, пока галереи не стали настолько широкими, что больше не могли поддерживать крышу. Таким образом, мы часто обнаруживаем, что на определенном расстоянии крыша над большим ручьем провалилась, так что вода течет на открытом воздухе. Затем он нырнет под арку и пройдет, возможно, несколько миль, прежде чем снова достигнет места, где крыша исчезла, или, возможно, достигнет поля, занятого скалами другого характера, в которых не образовались пещеры. Местами эти старые речные пещеры покидаются потоками, которые находят другие русла. Они образуют естественные туннели, которые нередко имеют значительную длину. Один из таких в юго-западной Вирджинии был использован для строительства железной дороги, проходящей из одной долины в другую, что

позволило сэкономить на дорогостоящих земляных работах. Там, где остатки арки невелики, она широко известна как естественный мост, очень благородным примером которого является мост в округе Рокбридж, штат Вирджиния. Арки такого типа не редкость во многих странах, где есть пещеры; пять таких существуют в округе Картер, штат Кентукки, округе в восточной части этого штата, который изобилует пещерами, хотя ни одна из них не отличается заметной высотой или красотой.^[7]

На данном этапе изучения пещерных работ студент легко поймет, что по мере того, как поверхность местности, лежащей над пещерой, постоянно изнашивается, верхние этажи системы постоянно исчезают, в то время как на нынешнем уровне дренажа в стране образуются новые. На самом деле внимательный глаз может в таком районе найти то тут, то там свидетельства этого прогрессирующего разрушения. Мало того, что пещеры изнашиваются сверху, но и их крыши постоянно опускаются на пол, чему в значительной степени способствует рост сталактитов. Образуюсь в щелях или стыках между камнями, эти скальные наросты иногда отбивают большие блоки. В других случаях вес свисающего сталактита прижимает плохо удерживаемые массы крыши к полу. Таким образом, галерея, первоначально находившаяся на глубине ста футов под поверхностью, может проложить себе путь наверх, к дневному свету. Вход, через который можно попасть в пещеру Мамонта, по-видимому, был сформирован таким образом, и в нескольких точках этой системы пещер можно отчетливо наблюдать эффект этого действия.

Теперь мы должны сделать еще один шаг по пути подземных вод и проследить их действие в глубинах ниже уровня обычных пещер, которые, как мы уже отмечали, не простираются ниже уровня основных потоков района пещер. Первая группа фактов, на которые следует обратить внимание, - это данные об артезианских скважинах. Они встречаются там, где горные породы сложены в форму, подобную бассейну. Часто случается, что в таком бассейне породы, из которых он состоит, одни из них пористые, а другие непроницаемы для воды, и что пористые слои выходят наружу на высоких краях впадины и имеют над собой водонепроницаемые слои. Эти условия можно хорошо представить, предположив, что у нас есть два блюда, одно внутри другого, с промежуточным слоем песка, наполненным водой. Если теперь мы сделаем отверстие в нижней части самого верхнего блюда, то легко поймем, что вода будет течь через него вверх. В природе мы часто находим такие впадины с слоем, эквивалентным песчаному слою в только что описанной модели, возвышающимся на сотни футов над долиной, так что артезианский колодец, названный так по имени деревни Артуа, недалеко от Парижа, где было сделано первое подобное открытие, может давать ручей, который будет подниматься вверх, особенно там, где подведен трубопровод, на большую высоту. Во многих местах мира с помощью таких скважин можно получить большой запас относительно чистой воды, но в целом оказывается, что в них содержится слишком много растворенных минеральных веществ или сернистых газов, чтобы их можно было использовать в бытовых целях. Возможно, стоит отметить тот факт, что большая часть так называемых артезианских скважин, или буровых установок, которые доставляют воду на высоту над поверхностью, не являются настоящими артезианскими источниками, поскольку они поднимают воду не под действием силы тяжести, а под влиянием давления газа.

Там, где, как в случае перевернутых пористых пластов, вода из расщелин проникает далеко под поверхность земли или из открытых ручьев, которые отводят воду, температура жидкости значительно повышается, в среднем примерно на один градус по Фаренгейту на каждые восемьдесят футов спуска. Действительно, он может настолько нагреться, что, оказавшись он на поверхности земли, не только превратился бы в пар с огромной энергией взрыва, но и действительно засиял бы подобно нагретым твердым телам. По мере повышения температуры воды и увеличения давления на нее она приобретает растворяющую способность и поглощает скалистый материал в объеме, недоступном для поверхности земли. На глубине десяти миль вода, начинающаяся как инертный дождь, приобрела бы свойства, которые мы привыкли связывать с сильными кислотами. Проходя вниз через трещины или пористые слои способом, указанным на диаграмме, вода поглощала бы, благодаря своему теплу и содержащимся в ней газам, часть многих минеральных веществ, которые мы обычно рассматриваем как нерастворимые. В раствор попадают золото и даже платина — последний материал, который устойчив ко всем кислотам при обычных температурах. Если теперь вода, таким образом насыщенная запасами минералов, найдет в глубинах более короткий путь к поверхности, чем тот, которым она спускалась, что вполне может произойти через глубокую трещину в горных породах, то при своем подъеме она обратит вспять процесс, которому следовала при спуске. В нем будут отложены несколько минералов в порядке их растворимости, то есть те, которые будут приняты последними, будут первыми, которые будут кристаллизованы на стенках трещины, через которую происходит восходящий поток. Результатом будет образование вены, относящейся к разновидности, известной как трещинные вены.

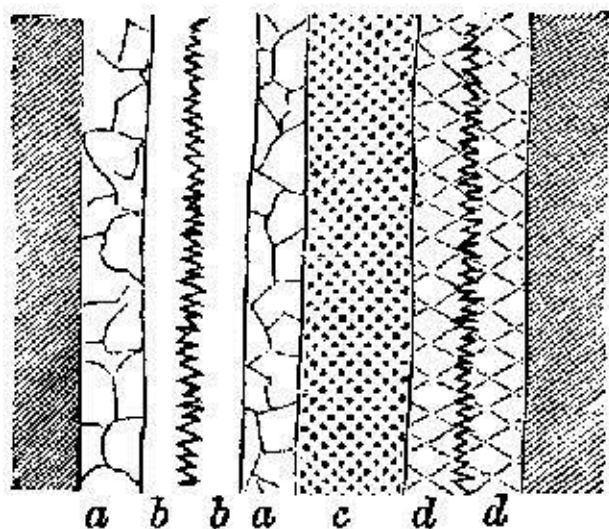


Рис. 14. Схема жилы. Различные оттенки показывают различия в природе отложений.

Жиловое месторождение, подобное тому, которое мы рассматриваем, может, хотя и редко, состоять из одного минерала. Чаще всего мы находим отложения, расположенные в виде полос, как показано на рисунке (см. Диаграмму 14). Иногда один материал скапливается в нижних частях трещины, а другой - в ее верхних частях, что объясняется постепенным охлаждением и снижением давления, которому подвергается вода на своем пути к

поверхности. С каждым уменьшением этих свойств из жидкости выходит какое-то особое вещество, которое в конце концов может образоваться в виде теплого источника, вода которого содержит лишь небольшое количество минеральных веществ. Однако там, где температура высока, какая-то часть осадка, даже небольшое количество золота, может отложиться примерно весной в отложениях, известных как агломерат, которые часто образуются в таких местах.

Во многих случаях залежи руды образуются не только в главном русле трещины, но и во всех расщелинах по обе стороны от этого пути. Таким образом, подобно тому, как в случае роста сталактитового вещества между каменными блоками в сводах пещеры, крупные фрагменты породы, известные как "кони", часто выталкиваются в тело жилы. В некоторых случаях рост жилки, по-видимому, увеличивает трещину или место отложения по мере накопления, процесс аналогичен тому, с помощью которого растущий корень расширяет щель, в которую он проник. В других случаях трещина, образованная силой, оставалась широко открытой или, самое большее, была лишь частично заполнена под действием воды.

Нередко случается, что восходящие воды горячих источников, проникающие в известняки, образовали обширные пещеры далеко под поверхностью земли, которые впоследствии частично заполняются рудами различных металлов. Мы легко можем представить, что вода при одной температуре вырыла бы пещеру, а долгое время спустя, при более низкой температуре, они могли бы приступить к ее заполнению. На еще более позднем этапе, когда поверхность страны опустилась на много тысяч футов ниже первоначального уровня, запасы минералов в пещерах могут быть вынесены близко к поверхности земли. Некоторые из наиболее важных металлоносных отложений Кордильер находятся в этой группе пещер с горячей водой. Эти каверны по существу похожи на те, что образуются под действием холодной воды, за исключением температуры жидкости, которая выполняет работу, и противоположного направления потока.

Следуя за водой из расщелин, которая свободно подчиняется импульсам гравитации глубоко под землей, мы входим в царство, где в изобилии присутствует скальная или строительная вода, та, которая была встроена в камень во время его формирования. Там, где эти две группы вод соприкасаются, возникает примесь, определенная часть скальной воды присоединяется к воде в расщелинах. Вблизи поверхности земли мы обычно обнаруживаем, что в результате этого действия вся строительная вода была вымыта. Тем не менее, если породы плотные или если они имеют слои мягкой и глинистой природы, мы можем обнаружить строительную воду, даже в очень старых отложениях, остающуюся вблизи поверхности земли. Таким образом, в древних силурийских отложениях долины Огайо бурение, проведенное на сто футов ниже уровня основных рек, обычно обнаруживает воду, которая, несомненно, залегала в расщелинах материала в то время, когда горные породы формировались в море. Во всех случаях эта вода содержит определенное количество газов, образующихся при разложении различных веществ, но главным образом в результате превращения железного колчедана, который дает сероводород. Таким образом, вода выталкивается на поверхность со значительной энергией, и скважину часто называют артезианской, хотя она течет под давлением газа по

принципу фонтана с газированной водой, а не самотеком, как в случае с настоящими артезианскими скважинами.

Связь между работой, сделанной глубоко проникающей поверхностной водой, и работой, сделанной из-за жидкости, тесно смешанной с породой, встроенной в массив во время его формирования, неясна. Однако мы совершенно уверены, что на больших глубинах под землей строительная вода сама по себе не только образует жилы, но и вызывает множество других важных изменений. На большой глубине эта вода сильно нагревается и поэтому имеет тенденцию двигаться в любом направлении, где случайная трещина или другая авария может снизить давление. Проникая сквозь горные породы и перемещаясь из зон с одной температурой в другую, эти воды вызывают в тонких щелях химические изменения, которые приводят к значительным изменениям в строении материала горных пород. Вероятно, отчасти из-за этого медленного дрейфа каменной воды пласты, первоначально состоящие из мелких бесформенных фрагментов, таких как глинистые сланцы, песчаники и известняки, со временем могут быть преобразованы в кристаллические породы, в которых больше нет и следа первоначальных частиц, поскольку все вещество было разорвано на куски в процессе растворения и преобразовано в обычный кристаллический порядок. Во многих случаях мы можем заметить, как кристалл после изготовления был частично растворен и заменен другим минералом. Фактически, многие из наших горных пород, по-видимому, снова и снова подвергались воздействию медленно дрейфующих вод, и каждое конкретное состояние в их строении было обусловлено какой-либо особенностью температуры или содержания минералов в жидкости. Эти метаморфические явления, хотя и важны, малоизвестны, и их выяснение требует определенных знаний петрографии, той отрасли геологии, которая рассматривает принципы образования горных пород. Поэтому они не будут далее рассматриваться в данной работе.

Вулканы.

В древности считалось, что вулканы представляют собой излияние жидкой породы, которая выходит из центральной области земли, области, которая, как предполагалось, все еще сохраняет жидкое состояние, через которое, несомненно, прошла вся масса нашей земли. Недавние исследования, однако, привели к изменению взглядов геологов, которое выражается в том факте, что мы будем рассматривать вулканические явления в связи с историей образования воды в горных породах.

Стремясь понять феномены вулканов, очень желательно, чтобы учащийся понимал, что происходит при обычном извержении. Следовательно, автор может быть оправдан в описании некоторых наблюдений, которые он имел возможность сделать при извержении Везувия в 1883 году, когда было возможно увидеть гораздо больше, чем обычно можно различить при таких вспышках — фактически, подобной возможностью, вероятно, не пользовался ни один другой человек, интересующийся вулканической деятельностью. Зимой 1882-83 годов Везувий подвергся серии небольших вспышек. На момент описываемых наблюдений кратер превратился в чашу диаметром около трехсот футов и глубиной около ста футов. Вертикальная шахта на дне, через которую происходили выбросы, имела около ста футов в поперечнике. Воспользовавшись сильным штормом с северо-запада, было практически возможно, несмотря на взрывы, взобраться на край стены кратера. Заглянув вниз, в жерло вулкана, хотя яма была полна клубящихся паров, а жар был настолько велик, что требовалась защитная маска, можно было увидеть кое-что из того, что происходило в момент взрыва.

Жерло вулкана было заполнено раскаленной добела лавой. Даже в солнечный день, который был лишь частично затенен парами, висевшими над отверстием, жар лавы делал его очень ярким. Эта масса текучей породы находилась в непрерывном движении, сильно раскачиваясь вверх и вниз по трубе. От четырех до шести раз в минуту, в момент своего взмаха, он лопался, как при взрыве гигантского пузыря. Верхняя часть массы разлеталась осколками вверх, причем разряд был подобен выстрелу из охотничьего ружья; осколки, варьирующиеся по размеру от маленьких, похожих на дробь кусочков до масс размером больше человеческой головы, взлетали иногда на высоту в полторы тысячи футов над точкой выброса. Ветер, дувший со скоростью около сорока миль в час, относил падающие обломки скалы с подветренной стороны, так что с их стороны не представлялось никакой серьезной опасности. Через несколько секунд после взрыва было слышно, как они с грохотом спускаются по дальнему склону конуса. Наблюдения за интервалом между выбросом и падением осколков позволили легко вычислить высоту, на которую они были выброшены.

В тот момент, когда лава в трубе открылась для выхода паров, вызвавших взрыв, движение, хотя и совершенное за доли секунды, было отчетливо видно. Сначала пар был бесцветным; на высоте нескольких десятков футов он начал приобретать слабый голубоватый оттенок; еще выше, когда он стал более плотным, оттенок изменился на пар, который вскоре приобрел обычный вид и собрался в быстро вращающиеся облака.

Водянистая природа пара была совершенно очевидна по его запаху. Несмотря на то, что он был смешан с сернисто-кислотным газом, он все еще имел характерный запах пара. В течение получаса можно было наблюдать за последовательными взрывами и даже сделать грубые зарисовки места происшествя. Иногда взрывы происходили в быстрой последовательности, так что лава выбрасывалась из трубы; опять же, бассейн просто раскачивался вверх-вниз способом, который можно было объяснить только предположением, что огромные пузырьки пара прокладывали себе путь вверх к точке, где они могли взорваться. Каждый из этих пузырьков, вероятно, заполнял большую часть диаметра трубы. В целом, эти явления напоминали вырывающуюся струю из гейзера или, если взять знакомый пример, выброс пара из трубы двигателя высокого давления. Когда жара сильная, в устье трубы часто можно увидеть пар с таким же прозрачным видом, какой наблюдался в горловине кратера. В холодном горном воздухе пар быстро конденсировался, придавая облакам радужный оттенок, если смотреть на них под правильным углом. Наблюдения были прерваны тем фактом, что ветер настолько стих, что большие шары выброшенной лавы начали падать на наветренную сторону конуса. Эти осколки, хотя и остыли и почернели снаружи из-за длительного путешествия вверх и вниз по воздуху, все еще были такими мягкими, что при ударе о поверхность золы расплескались.

Наблюдая за конусом издалека, можно было заметить, что время от времени взрывы, увеличиваясь по частоте, наконец достигли точки, когда действие казалось непрерывным. Переход был сравним с тем, что мы можем наблюдать в локомотиве, который при первом движении время от времени выпускает струи пара, но, медленно набирая скорость, в конце концов выпускает то, что глазу и слуху одинаково кажется непрерывным выбросом. Все имеющиеся у нас свидетельства о вспышках вулканов подтверждают только что процитированное и сводятся к тому, что суть действия заключается во вспышке водяного пара высокой температуры, и поэтому наделенного очень большой расширяющей силой. Наряду с этим паром существует много других газов, которые всегда кажутся лишь очень малой частью всего объема выбросов парообразной природы — фактически, вулканический пар, насколько был установлен его химический состав, имеет состав, который мы должны ожидать найти в скальной воде, которая была вытеснена из породы напряжением, создаваемым высокой температурой.

Из-за своей бросающейся в глаза природы лава, которая вытекает из большинства вулканов или выбрасывается из них в виде мелкодисперсного пепла, обычно рассматривается как основной признак вулканической вспышки. На самом деле это не так. Вулканические взрывы могут происходить с очень небольшим выбросом жидкой породы, а то, что выходит, может полностью состоять из мелкодисперсных кусков породы, которым мы даем название пепел. Фактически, при всех очень мощных взрывах мы можем ожидать обнаружить не поток лавы, а большое количество этой тонкоизмельченной породы, которая, когда поднималась из глубин земли, находилась в жидком состоянии, но была разорвана на куски содержащимся в ней паром по мере приближения к поверхности.

Если ученику посчастливится увидеть потоки лавы, вырывающиеся со склонов вулкана, он заметит, что даже в самых местах выхода, где материал раскален добела и кажется

текучим, как вода, вся поверхность испускает пар. В безветренный день, если смотреть издалека, путь лавового потока отмечен густым облаком этого пара, которое выходит из него. Даже после того, как лава остынет настолько, что по ней можно будет безопасно ходить, из каждой щели продолжает выходить пар. Спустя годы после прекращения течения и когда поверхность скалы станет достаточно прохладной для роста на ней определенных растений, из этих щелей все еще будет выходить пар. Одним словом, очевидно, что значительная часть массы лавы, даже после того, как она вытекает из вулканических труб, представляет собой воду, которая тесно смешана с породой и, вероятно, находится между мельчайшими частицами нагретого вещества. Однако эта лава, вышедшая из вулкана, содержит лишь часть воды, которую она содержала изначально; большая, возможно, даже большая часть, вышла взрывным путем через кратер. Обоснованно полагают, что текучесть лавы в значительной степени обусловлена содержащейся в ней водой, которая служит для придания массе консистенции пасты, причем частичная текучесть муки и каменных зерен достигается одинаковым образом.

Столь значительная часть явлений вулканической деятельности, отмеченных выше, призвана показать большую роль, которую межкристаллическая вода играет в вулканической деятельности. Теперь мы снова обратим наше внимание на состояние глубоко залегающей в горных породах воды, чтобы посмотреть, насколько мы сможем с ее помощью объяснить эти странные взрывные действия. Когда отложения оседают на морское дно, материалы состоят из мелких фрагментов неправильной формы, которые лежат вперемешку друг с другом наподобие массы кирпичей, снятых с тележки. Вода скапливается в многочисленных промежутках между этими камнями; как уже отмечалось, количество этой строительной воды варьируется. В целом, поначалу она составляет не более одной десятой части материалов. Помимо жидкости, содержащейся в отдельных пространствах, есть доля, которая удерживается в виде объединенной воды во внутренней структуре кристаллов, если таковая имеется в массе. Когда эта вода встраивается в камень, она имеет обычную температуру морского дна. По мере того как процессы осаждения продолжают действовать, поверх того, что мы рассматриваем, образуются другие пласты, и со временем слой может быть погребен на глубину многих тысяч футов. Есть основания полагать, что на дне океанов это захоронение слоев, содержащих воду, могло привести к тому, что большие количества жидкости оказались на глубине двадцати миль или более ниже внешней поверхности горных пород.

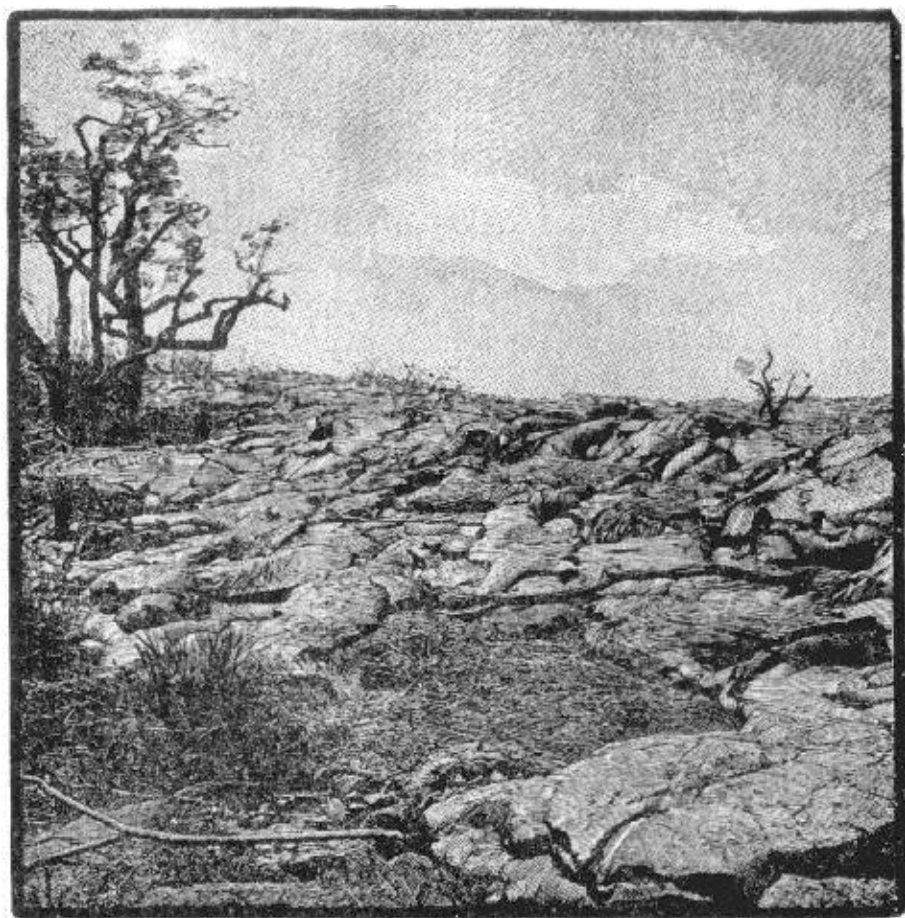


Рис. 15. Поток лавы, вторгающийся в

лес. Дерево вдалеке сгорело не полностью, что свидетельствует о том, что расплавленная порода потеряла большую часть своего первоначального тепла.

Эффект глубокого захоронения заключается в повышении температуры слоев. Этот результат достигается двумя различными способами. Прямой эффект, возникающий в результате наложения веса, производного от массы слоистого материала, заключается, как мы знаем, в том, чтобы вызвать опускание земной коры. В мере этого падения выделяется тепло, точно так же, как при ударе отбойного молотка по наковальне, с помощью которого, как хорошо известно, мы можем нагреть железный слиток до высокой температуры. Это правда, что такое опускание поверхности под действием веса частично происходит из-за сжатия горных пород, а частично из-за ускользания мягкой подстилающей более или менее текучей породы. Еще более того, это в какой-то мере вызвано сморщиванием коры. Но все эти действия приводят к преобразованию энергии положения в тепло и до сих пор служат для повышения температуры пород, которые затрагиваются при перемещениях. Однако, безусловно, самым большим источником тепла является то, которое исходит из недр земли и которое накапливалось там в незапамятные времена, когда материя, образующая землю, собиралась в массу нашей сферы. Это, что мы можем назвать первоначальным теплом, постоянно вытекает в пространство, но пробивается медленно из-за непроводящего, или, как мы можем это сформулировать, "покрывающего" эффекта внешней породы. Эффект слоев такой же, как и у непроводящих покрытий, которые наносятся на паровые котлы. Более привычное

сравнение можно провести с одеялами, используемыми для постельного белья. Если поверх первого одеяла мы положим второе, нам будет теплее, потому что температура нижнего повышается за счет тепла нашего тела, которое удерживается внутри. В земной коре каждый слой породы сопротивляется оттоку тепла, и каждое добавление повышает температуру всех нижележащих слоев.

Когда водоносные пласты будут погребены на глубину десяти миль, можно ожидать, что температура массы поднимется где-то между семьюстами и тысячей градусов по Фаренгейту. Если достигнутая глубина составит пятьдесят миль, то, вероятно, температура будет в пять раз выше. При такой высокой температуре вода, содержащаяся в горных породах, имеет тенденцию очень сильно расширяться и переходить в парообразное состояние. Это ему сделать нелегко из-за его тесного заточения; однако мы можем сказать, что склонность к взрыву почти так же велика, как у подожженного пороха. Такой порох, если его хранить в небольших пространствах в массе литой стали, можно было бы обжигать без разрушения металла. Газы удерживались бы в сильно сжатом, возможно, жидком виде. Если теперь случится так, что какие-либо деформации в горных породах, такие как приводящие к образованию разломов, приведут к образованию трещин, ведущих от поверхности в эту зону нагретой воды, то тенденция пород, содержащих жидкость, побуждаемая ее расширением, будет заключаться в том, чтобы двигаться с большой энергией к точке сброса или уменьшения давления, создаваемого расщелиной. Там, где горные породы каким—либо образом размягчены, само по себе давление загонит их в полость, о чем свидетельствует тот факт, что пласты достаточно твердых глинистых камней в глубоких угольных шахтах могут быть вытеснены в пустоты давлением перекрывающих их пород - фактически, расходы на выемку этих ползучих пород составляют на некоторых британских шахтах серьезную статью стоимости продукта.

Расширение воды, содержащейся в глубоко залегающих нагретых породах, вероятно, является, безусловно, наиболее эффективным средством, подталкивающим их к плоскости выхода, которую предоставляет трещина. Когда начинается движение, оно проникает сразу во все части породы, так что возникает настоящий поток. Поскольку движение происходит из-за избыточного веса, сразу же возникает тенденция к повышению температуры движущейся массы. В результате он может быть загнан в трещину, возможно, даже более горячим, чем когда он начинался с первоначального места ложа. По мере того, как скалистое вещество прокладывает себе путь к поверхности, давление на него уменьшается, и содержащиеся в нем пары становятся более свободными для расширения. Принимая парообразную форму, пузырьки собираются друг с другом, и когда они появляются в жерле вулкана, они могут, если взрывы будут нечастыми, принять характер, отмеченный выше при небольшом извержении Везувия. Однако там, где лава быстро поднимается по каналу, она часто выходит на открытый воздух с таким количеством пара, который тесно смешивается с массой, что взрыв превращает материалы в неосвязаемо мелкий порошок, который может месяцами парить в воздухе, прежде чем он упадет на землю. При менее сильном движении пузырьки пара расширяются в лаве, но не разрывают ее на части, образуя таким образом пористую губчатую породу, известную как пемза. При еще более медленном подъеме большая часть

пара может уйти, так что у нас может получиться поток лавы, вырывающийся из отверстия, все еще выделяющий пар, но с паром, напряжение которого настолько снижено, что вещество не разлетается на части, хотя оно может бурно кипеть некоторое время после выхода в воздух.

Хотя о приведенном выше относительно простом объяснении вулканической активности пока нельзя сказать, что оно является общепринятым геологами, есть достаточные причины, которые заставляют нас полагать, что оно объясняет основные особенности, которые мы наблюдаем в этом классе взрывов — другими словами, это хорошая рабочая гипотеза. Теперь мы поступим так, как следует поступать при любом естественном исследовании, чтобы увидеть, подтверждают или опровергают ли факты, представленные в распределении вулканов в пространстве и времени.

Наиболее примечательной особенностью распределения вулканов является то, что, по крайней мере, в настоящее время, все активные жерла ограничены морским дном или прибрежными участками в пределах узкого диапазона в триста миль от побережья. Везде, где мы находим береговую линию, лишенную вулканов, как в случае с восточным побережьем Северной и Южной Америки, кажется, что берег недавно вдался в сушу на значительное расстояние — другими словами, старые береговые линии обычно вулканические; то есть кое-где есть жерла такого рода. Таким образом, Северная Атлантика, берега которой, по-видимому, отошли вглубь суши на значительное расстояние в геологически недавнее время, не является вулканической; в то время как тихоокеанское побережье, которое долгое время оставалось в своем нынешнем положении, имеет удивительно непрерывную линию кратеров у берега, простирающуюся от Аляски до Огненной Земли. Эта линия вулканов настолько непрерывна, что, если бы все они находились в состоянии извержения, весьма вероятно, можно было бы путешествовать вдоль побережья, никогда не теряясь из виду столбов пара, которые они выбрасывали бы вперед. На дне моря вулканические пики, по-видимому, очень широко распространены; на самом деле известны лишь немногие из них — те, которые достигают поверхности воды, но зондирование показывает длинные линии возвышенностей, которые, несомненно, представляют собой конусы, распределенные вдоль линий разломов, ни один из пиков достаточной высоты, чтобы нарушить поверхность моря. Действительно, вполне вероятно, что на один морской вулкан, который выглядит как остров, приходится множество вулканов, которые не достигают поверхности. Вулканические острова существуют и обычно изобилуют в океане и больших морях; время от времени мы наблюдаем, как образуется новый в виде небольшого острова, который может быть смыт морем вскоре после прекращения извержения, причем исчезновение происходит быстро по той причине, что вулканический пепел, из которого состоят эти конусы, уносится подобно снегу под действием волн.

Если бы воды океанов и морей были осушены настолько, чтобы мы могли осматривать ту часть земной поверхности, которую они покрывают, так же легко, как мы осматриваем сушу, наиболее заметной особенностью были бы бесчисленные вулканические возвышенности, которые скрыты в этих водных царствах. Куда бы ни направлялся наблюдатель из центров нынешних земель, он замечал в пределах этих полей только горы, сильно измененные действием рек; холмы, которые реки оставили, смывая пласты;

и долины, которые были вырезаны текущими водами. Вблизи береговых линий исчезнувших морей он начинал находить горы, холмы и долины, иногда смешивающиеся с вулканическими пиками, - сооружения, построенные из материалов, выброшенных из жерл. Проходя береговую линию в направлении моря, холмы и долины быстро исчезали, и вскоре горы исчезали с его пути, и он постепенно вступал в область обширных холмистых равнин, окруженных вулканическими пиками, обычно расположенными длинными грядами, чем-то напоминающими горы, но отличающимися от этих возвышенностей не только происхождением, но и видом, вулканический набор вершин полностью состоял из конических возвышенностей с чашеобразными вершинами.

Небольшое рассмотрение покажет нам, что тот факт, что вулканы находятся на границе морского дна и узкой полосы берега рядом с определенными океанскими границами, согласуется с принятой нами точкой зрения на их образование. Мы уже отмечали тот факт, что континенты старые, что подразумевает, что части земли, которые они занимают, долгое время были очагами относительно непрерывной эрозии. Время от времени они частично погружались под воду, и во время своего погружения они получили определенную долю отложений. Но, в целом, все участки суши, за исключением полос, прилегающих к побережью, можно рассматривать как подвергшиеся чрезмерному изнашиванию, намного превышающему работу по отложению. Следовательно, как мы легко видим, под такими участками суши не происходило процесса укрывания, который способствовал увеличению нагрева в глубоких подстилающих породах. Напротив, было бы легко показать, и читатель может убедиться в этом сам, что прогрессирующее охлаждение земли, вероятно, привело к понижению температуры во всем разрезе от поверхности до очень больших глубин, так что повышение температуры не только не влияет на воду в горных породах, но, возможно, фактически теряет температуру. Другими словами, условия, которые, как мы предполагаем, вызывают вулканическую деятельность, не существуют под старой землей.

Под морями, за исключением самых больших их глубин, и, возможно, даже там, постоянно продолжается процесс формирования пластов. Рядом с берегами, иногда на расстоянии ста или двух миль в сторону моря, основной вклад могут вносить наносы, уносимые с суши волнами и реками. Еще дальше он в значительной степени состоит из останков животных и растений, которые при отмирании отдают свои скелеты для формирования пластов. Большая часть отложений — возможно, всего более половины — состоит из вулканической пыли, пепла и пемзы, которая очень долго дрейфует, прежде чем опуститься на дно. У нас пока нет точных данных для определения средней скорости накопления отложений на морском дне, но, судя по тому, что известно об износе земель и количестве вулканических отходов, попадающих в моря, оно, вероятно, составляет не менее фута за десять тысяч лет; скорее всего, даже намного превышает это количество. Исходя из данных, полученных в результате извержений на Яве и в других областях, где можно оценить количество вулканической пыли, внесенной в моря, автор склонен полагать, что средняя скорость осаждения на морском дне в два раза превышает приведенную выше оценку.

Накапливаясь в среднем со скоростью один фут за десять тысяч лет, ему потребовался бы миллион лет, чтобы образовать сто футов отложений; сто миллионов, чтобы сформировать десять тысяч футов, и пятьсот миллионов, чтобы создать толщину слоя около десяти миль. При скорости в два фута за десять тысяч лет накопленная толщина составила бы около двадцати миль. Когда мы перейдем к рассмотрению продолжительности геологической истории Земли, мы найдем основания полагать, что образование отложений могло продолжаться целых пятьсот миллионов лет.

Приведенные выше исследования, касающиеся происхождения вулканов, показывают, что в настоящее время они явно связаны с каким-то процессом, происходящим под водой. Расширение исследования показывает, что эта связь существовала в более ранние геологические времена; ибо, хотя действующие вулканы ограничены местами в пределах трехсот миль от моря, мы находим потоки лавы, пепел и другие вулканические скопления далеко в глубине континентов, хотя энергия, которая вынесла их на поверхность земли, перестала действовать в этих частях суши. В этих случаях с континентальными вулканами обычно, если не всегда, оказывается, что прекращение активности сопровождалось удалением береговой линии океана или исчезновением больших внутренних морей. Таким образом, вулканы в районе Йеллоустоуна, возможно, были обязаны своей активностью огромным отложениям осадочных пород, которые образовались в обширных пресноводных озерах, которые в течение позднего мелового и раннего третичного периодов простирались вдоль восточного склона Скалистых гор, образуя Средиземное море в Северной Америке, сравнимое с тем, что граничит с южной Европой. Таким образом, представляется, что расположение вулканов по отношению к морским бассейнам сохранялось в течение значительного периода в прошлом. Более того, когда мы оглядываемся назад, на последовательные образования земной коры, мы находим здесь и там свидетельства в старых потоках лавы, в вулканическом пепле, а иногда и в руинах древних конусов, погребенных в слоях, что магматическая активность, подобная той, что сейчас проявляется в наших вулканах, была, с самых ранних дней, о которых у нас есть какие-либо записи, характерной чертой земли. Нет никаких оснований предполагать, что это действие в прошлом было сколько-нибудь большим или сколько-нибудь меньшим, чем в наши дни. Все эти факты указывают на вывод о том, что вулканическая активность обусловлена утечкой воды из горных пород, нагретой до высоких температур, и которая увлекает за собой к расщелине породу, в которой она была заключена.

Теперь мы обратим внимание на некоторые другие объяснения вулканической деятельности, которые получили определенное подтверждение. Во-первых, мы можем отметить точку зрения, согласно которой эти выбросы из кратеров вытесняются из предполагаемых жидких недр земли. Одна из трудностей этой точки зрения заключается в том, что мы не знаем, являются ли центральные части земли текучими — на самом деле, многие соображения указывают на то, что это не так. Далее мы замечаем, что нередко находим два кратера, каждый из которых содержит жидкую лаву, причем жидкость находится на разнице высот в несколько тысяч футов, хотя конусы расположены очень близко друг к другу. Если бы эти лавы поступали из общего внутреннего резервуара, принципы, управляющие действием жидкостей, привели бы к тому, что лавы находились

бы на одной высоте. Более того, эта точка зрения не дает никакого объяснения тому факту, что вулканы каким-то образом связаны с действиями, происходящими на дне больших водных бассейнов. Есть все основания полагать, что трещины в горных породах под сушей столь же многочисленны и глубоки, как и под водой. Если бы это был просто вопрос доступа к текучим недрам, вулканы должны были бы быть равномерно распределены на суше и морском дне. Наконец, это объяснение никоим образом не объясняет смешение воды с текучей породой. Мы не можем до конца поверить, что вода могла образоваться в более глубоких слоях земли в давние времена первоначального магматического синтеза. В то время вся вода, должно быть, находилась над землей в парообразном состоянии.

Другое предположение, несколько схожее с упомянутым, заключается в том, что морская вода проникает вниз через расщелины под дном океана и, вступая там в контакт с внутренней расплавленной массой, превращается в пар, который вместе с жидкой породой выходит из жерла вулкана. В дополнение к возражениям, выдвигаемым против предыдущей точки зрения, мы можем сказать по этому поводу, что лава, если бы она появилась при этих обстоятельствах, вышла бы коротким путем, тем, которым вода уходила вниз, а не более длинным путем, по которому она может быть выброшена на высоту десяти тысяч футов или более над уровнем моря.

За приведенным выше общим описанием вулканической деятельности следовало бы должным образом последовать некоторое описание того, что происходит при характерных извержениях. Эта история этих вопросов настолько обширна, что для ее изложения потребовалось бы место в большой энциклопедии. Поэтому мы сможем сделать лишь определенные выборки, которые могут послужить иллюстрацией к более важным фактам.

Безусловно, самым известным вулканическим конусом является конус Везувия, о котором ведется достаточно полная летопись примерно за две тысячи четырехсот лет. Около 500 г. до н.э. греки, которые всегда были в поисках мест, где они могли бы выгодно основать колонии, поселились на острове Искья, который образует западную часть того, что сейчас называется Неаполитанским заливом. Этот остров был хорошо расположен как для земледелия, так и для торговли, но предприимчивых колонистов снова и снова беспокоили сильные извержения одного или нескольких вулканов, которые находятся в глубине этого острова; одно время, по-видимому, люди были изгнаны этими взрывами.

В те дохристианские времена Везувий, известный тогда как Монте-Сомма, не считался вулканом, на нем никогда не было никаких следов извержения. Он выглядел как гора правильной формы, высотой чуть более двух тысяч футов, с центральной впадиной диаметром около трех миль наверху и, возможно, двух миль в ширину у подножия, которая по форме напоминала равнину, с несколькими озерами горькой воды в центре. Все, что нам известно об этой центральной впадине, связано с восстанием рабов под предводительством Спартака, армия восставших на некоторое время разбила лагерь на равнине, окруженной стенами кратера. Внешние склоны горы представляли тогда собой удивительно плодородную почву; некоторые следы этого плодородия действительно устояли перед современными извержениями, опустошившими ее склоны. Этот чудесный

Неаполитанский залив стал средоточием прекраснейшей римской культуры, а также очень развитой торговли. К концу первого века нашей эры этот регион был, возможно, богаче, прекраснее возделан и был средоточием более изысканной роскоши, чем любая другая часть побережья Европы в наши дни. У подножия горы, на восточной границе залива, находился город Помпеи с населением около пятидесяти тысяч человек, представлявший собой значительный порт с обширной торговлей, особенно с Египтом. Очаровательный городок также был отличным курортом для богатых египтян, которые хотели поселиться в Европе. На склонах горы располагался по крайней мере один крупный город, Геркуланум, который, по-видимому, представлял собой объединение резиденций богатых людей. На восточной стороне залива, в точке, ныне известной как Байя, римское правительство располагало военно-морской базой, которой в 79 году командовал знаменитый Плиний, наиболее объемистый, хотя и ненаучный писатель по вопросам естественной истории. С ним в тот год был его племянник, широко известный как Плиний младший, тогда восемнадцатилетний студент, но впоследствии сам ставший писателем. Эти факты изложены довольно подробно, поскольку все они связаны с великой трагедией, которую нам сейчас предстоит описать.

В течение многих лет в Неаполитанском заливе не было никаких извержений. Вулканы на Искье были неподвижны в течение столетия или более, а различные круглые отверстия на материке были настолько тихими, что в них нельзя было распознать вулканы. Даже любознательный Плиний, с его огромной ученостью, был настолько неважным геологом, что не знал признаков, указывающих на очаг вулканической деятельности, хотя они являются одними из самых заметных особенностей, которые только могут броситься в глаза. Греки, несомненно, распознали бы значение этих физических признаков. В 63 году берега Неаполитанского залива подверглись сильному землетрясению. В последующие годы последовали другие, менее сильные. Ранним утром 79 года слуга разбудил Плиния старшего в Байе известием о том, что с горы Сомма поднимается чудесное облако. Плиний младший утверждает, что по форме это было похоже на сосну, распространенный в Италии вид, имеющий длинный ствол с лиственной кроной на вершине, по форме напоминающей зонтик. Эта корона колонны росла, пока не заняла весь ландшафт, затемнив поле зрения. Вскоре после этого курьерский катер доставил сообщение адмиралу, который немедленно отправился к месту беспорядков. Он пригласил своего племянника сопровождать его, но благоразумный молодой человек сообщает в своих письмах к Тациту, от которого мы мало что знаем об извержении, дошедшем до нас, что он предпочел заняться каким-нибудь чтением, которым ему нужно было заняться. Его дядя, однако, направился прямо вперед, намереваясь в какой-то момент высадиться на берег у подножия конуса. Однако он обнаружил, что уровень моря настолько высок, что приземление было невозможно; более того, падение каменных обломков угрожало кораблю. Поэтому он проплыл некоторое расстояние вдоль берега и приземлился на станции, вероятно, недалеко от нынешней деревни Кастелламаре. В этот момент количество пепла и пемзы было очень велико, но крепкий старый римлянин поужинал и после этого лег спать. Есть свидетельства, что он громко храпел и проснулся только тогда, когда его слуги начали опасаться, что падение пепла и камней преградит выход из его спальни. Когда он вышел со своими слугами, их головы, защищенные досками, покоились на подушках, и он направился в сторону Помпей, которые, вероятно, были тем местом, где

он намеревался высадиться. Пройдя некоторое расстояние, храбрец упал замертво, вероятно, от болезни сердца; говорят, что в то время он был чрезвычайно астматичен. Как только его слуги убедились, что жизнь покинула его тело, они сбежали. Останки были найдены после прекращения извержения. Плиний младший далее рассказывает, что после ухода его дяди облако, нависшее над горой, стало настолько плотным, что в полдень темнота была как в полночь, а толчки землетрясения были настолько сильными, что повозки, привезенные во двор дома, чтобы увезти домочадцев, раскачивались из стороны в сторону из-за сотрясения земли.

За исключением вышеупомянутых немногих и несущественных деталей, касающихся извержения, у нас нет других свидетельств того времени. Действительно, у нас нет более подробной истории, пока Дион Кассий, писавший спустя много времени после этого события, не сообщает нам, что Геркуланум и Помпеи были захвачены; но он смешивает свою историю с фантастическими легендами о появлении богов и демонов, как это принято в его так называемой истории. Из всех римских писателей он, пожалуй, самый ненадежный. Однако, к счастью, в отложениях пепла, выброшенных во время этого великого извержения, у нас есть некоторая основа для интерпретации произошедших событий. Очевидно, что в течение многих часов Везувийский кратер, который бездействовал по меньшей мере пятьсот лет, извергался с необычайной яростью. Он не извергал потоков лавы; энергия поднимающихся паров была слишком велика для этого. Расплавленную породу на их пути разнесло на мелкие кусочки, и весь твердый материал превратился в свободную пыль. В ходе евро- ное, который, вероятно, не терпеть более двух дней, возможно, не более чем на двадцать четыре часа, Ясень достаточно излилась, чтобы сформировать толстый слой, который распространился далеко за соседний участок земли и морского дна. Он покрывал города Геркуланум и Помпеи на глубину более двадцати футов, а по окружности диаметром в двадцать миль средняя толщина, возможно, была примерно такой. Она была настолько глубокой, что, хотя почти все жители этих городов выжили, им казалось, что не стоит браться за раскопки своих жилищ. В Помпеях покрытие не перекрывало более высокий из низких домов. Количество труда, которое можно оценить не более чем в одну тридцатую стоимости или, по крайней мере, затрат, понесенных при строительстве города, восстановило бы его до состояния, вполне пригодного для жизни. Тот факт, что он был полностью заброшен, вероятно, указывает на определенную суеверную точку зрения в связи с извержением.

Тот факт, что у людей было время бежать из Геркуланума и Помпей, унеся с собой их более ценные пожитки, подтверждается раскопками в этих местах, которые были произведены в наше время. Таким образом, была исследована большая часть Помпей и значительная часть Геркуланума; лишь изредка находили человеческие останки. Кое-где, особенно в подвалах, рабочие, занятые раскопками городов, замечают, что их кирки входят в полость; исследуя пространство, они обнаруживают, что обнаружили остатки человеческого скелета. Недавно стало известно, что, заливая мягкую парижскую штукатурку в эти отверстия, можно получить форму, которая удивительно совершенным образом придает корпусу первоначальную форму. Объяснение этой плесени таково: наряду с выпадением пепла при извержении всегда идет сильный дождь, возникающий в результате конденсации пара, который извергается из вулкана. Эта вода, смешиваясь с

пеплом, образует пастообразную грязь, которая часто течет огромными потоками, и иногда известна как грязевая лава. Этот материал обладает свойствами цемента, то есть он быстро "схватывается" способом, сравнимым с парижской штукатуркой или обычным строительным раствором. Во время извержения 79 года эта грязь проникла во все низменности Помпей, покрыв тела людей, которые задохнулись от паров вулканических эманаций. Мы знаем, что эти люди не утонули в результате наводнения; их поза показывает, что они были мертвы до того, как текучая материя достигла того места, где они лежали.

Случилось так, что Помпеи находились вне зоны влияния последующих крупных извержений Везувия, так что впоследствии на них обрушились лишь незначительные пепловые дожди. Геркуланум, с другой стороны, столетие за столетием погружался все глубже и глубже, пока в настоящее время не покрывался множеством слоев лавы. Это вызывает особое сожаление по той причине, что, хотя Помпеи были портовым городом без особого богатства или культуры, Геркуланум был местом жительства знати, людей, обладавших библиотеками, записи которых во многих случаях можно расшифровать и из которых мы могли бы надеяться получить некоторые из утраченных сокровищ древности. Свитки папируса, на которых были написаны книги того времени, хотя и обуглились от жары и времени, все еще поддаются толкованию.

После великого взрыва 79 года Везувий снова погрузился в состояние покоя. Только в 1056 году снова начались мощные извержения. Время от времени происходили небольшие взрывы, ни один из которых не приводил к появлению потоков лавы; только после последней упомянутой даты этот аккомпанемент извержения начал проявляться. В 1636 году, после почти полуторавекового перерыва, произошла очень крупная вспышка, опустошившая обширную территорию на северо-западной стороне конуса. На этом этапе истории кратера вулканический поток начал достигать моря. Омывая край старого первоначального кратера Монте-Сомма и, таким образом, снижая его высоту, эти потоки опустошили во время только что упомянутого извержения и во время различных других вспышек обширные поля возделанной земли, уничтожив многие деревни. Последнее значительное извержение, приведшее к выбросу большого количества лавы, произошло в 1872 году, когда прилив распространился примерно на шесть миль.

Начиная с 1636 года извержения Везувия неуклонно увеличивались в частоте и, в целом, уменьшались по силе. В первые годы его истории крупные вспышки обычно происходили с интервалом в столетие или более и были такой энергии, что лава в основном разлеталась в пыль, образуя облака такой величины, что по крайней мере в двух случаях они вызвали полнотную темноту в Константинополе, расположенном почти в тысяче двухстах милях от него. Это похоже на то, как если бы вулкан в Чикаго полностью закрывал солнце в городе Бостон. При нынешнем состоянии Везувия можно сказать, что конус находится в состоянии слабого, почти непрерывного извержения. Старая центральная долина, существовавшая до извержения 79 года и долгое время сохранявшая свои очертания после этого, была заполнена конусом меньшего размера, несущим относительно крошечный жерловой кратер, первоначальная стена которого была видна только в восточной и северной частях его контура, и только здесь ее высота значительно уменьшилась. На западной стороне склон от подножия горы до вершины нового конуса

почти непрерывный, хотя наметанный глаз может проследить очертания Монте—Соммы - ее положение в виде своеобразной скамьи, которая прослеживается на той стороне длинного склона, ведущего от вершины нового конуса к морю. Тот факт, что лавы Везувия вырвались наружу на юго-западной стороне, в то время как старая стена конуса осталась нетронутой на восточном склоне, имеет любопытное объяснение. Преобладающий ветер в Неаполе дует с юго-запада, являясь сильным встречным ветром, характерным для этой широты. В старые времена, когда был построен конус Монте-Сомма, эти ветры привели к тому, что большая часть пепла попала на подветренную сторону конуса, образовав таким образом более толстую и высокую стену вокруг этой части кратера.

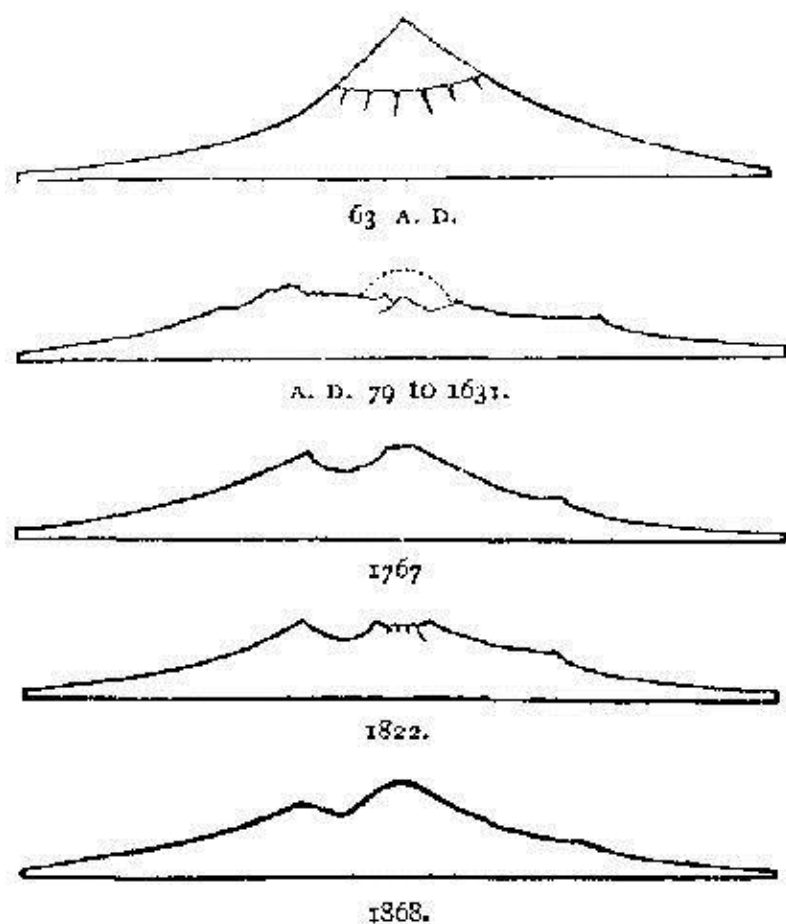


Рис. 16. Схематические разрезы Везувия, показывающие изменения в форме конуса. (От Филлипса.)

Судя по характеру недавних извержений Везувия, представляется вероятным, что гора вот-вот вступит во второй период бездействия. Трубы, ведущие через новый конус, невелики, и масса этого возвышения образует большую пробку, закрывающую устье старого кратера. Чтобы выпустить большой выброс пара, всю эту огромную массу, имеющую глубину почти в две тысячи футов, пришлось бы сдуть ветром. Представляется наиболее вероятным, что, когда представится случай для такого выброса, пары извержения будут искать выхода через какое-нибудь другое из многочисленных вулканических отверстий, расположенных к западу от этого огромного конуса. История

этих меньших вулканов указывает на вывод о том, что, когда путь Везувия перекрыт, они могут облегчить выход пара, который пробивается к поверхности. Два или три раза после извержения Плиния, в периоды, когда Везувий долгое время был спокоен, вспышки происходили на Искье или на Флегренских полях, регионе, усеянном небольшими кратерами, который находится к западу от Неаполя. Последнее из них произошло в 1552 году и привело к образованию красивого маленького конуса, известного как Монте-Нуово. Это извержение произошло недалеко от города Пуццуоли, где в то время располагался университет, сотрудники которого оставили нам записи об аварии.

Вспышка, образовавшая Монте-Нуово, была небольшой, но очень характерной. Она произошла в круглом бассейне, известном как озеро Лукрин, которое само по себе является древним кратером, и рядом с ним. В начале беспорядков земля разверзлась рваными впадинами, из которых грязь, пепел и большие обломки твердых пород взлетели высоко в воздух, причем некоторые камни поднялись на высоту нескольких тысяч футов. С небольшими перерывами эта вспышка продолжалась в течение нескольких дней, в результате чего образовался холм высотой около пятисот футов с кратером на вершине, дно которого находилось почти на уровне моря. Хотя это вулканическое возвышение, состоящее полностью из разрозненных фрагментов, быстро разрушается по мере заполнения кратера, оно остается прекрасным объектом в ландшафте, а также примечательно тем фактом, что это единственное сооружение подобного рода, которое мы знаем с самого начала. На Флегренском поле есть ряд других кратеров небольшого размера с очень низкими конусами вокруг них. Они, по-видимому, были результатом кратковременных, незначительных извержений. То, что известно как Сольфатара, хотя и не подвергалось извержению в течение исторического периода, интересно тем фактом, что из расщелин окружающих его скал постоянно вытекает углекислый газ. Это вещество, вероятно, образуется под действием тепла, содержащегося в старых лавах, которые соприкасаются с известняком глубоко под землей. Мы знаем, что такие известняки покрыты лавами Везувия по той причине, что многочисленные блоки породы выбрасываются во время извержений и часто обнаруживаются включенными в потоки лавы. Интересным фактом является то, что эти кратеры поля Флегрен, расположенные между очагами сильного извержения на Искье и Везувии, никогда не подвергались сильному извержению. Их небольшие вспышки, по-видимому, указывают на то, что они не имеют постоянной связи с источниками, откуда эти более мощные вентиляционные отверстия получают подачу нагретого пара.

Факты, обнаруженные при изучении везувийской системы вулканов, дают геологу основу для многих интересных выводов.

Во-первых, он отмечает, что большая часть конусов, все небольшого размера, состоят из тонкоизмельченной породы, которая, возможно, была более или менее сцементирована процессами изменений, происходящими внутри нее. Таким образом, ясно, что потоки лавы вносят несущественный — даже, можно сказать, случайный — вклад в массу. В случае с Везувием они, конечно, не составляют и десятой части высоты, обусловленной вулканической деятельностью. Доля лавы в Везувии, вероятно, больше, чем в среднем, поскольку в течение последних шести столетий это жерло было удивительно богатым лавой.^[8] Наблюдения за вулканами других районов показывают, что везувийская группа в

этом отношении не является чем-то особенным. Из почти двухсот конусов, которые исследовал автор, не более чем в десятой части обнаруживаются отчетливые лавы.

Осматривая старую внутреннюю стену Монте-Соммы в той части, где она сохранилась лучше всего, на северной стороне Атрия-дель-Кавалло, или Лошадиного ущелья, названного так по той причине, что те, кто поднимался на Везувий, привыкли оставлять там своих верховых животных, — мы видим, что тело старого конуса в значительной степени покрыто дамбами или трещинами, которые были заполнены расплавленной лавой, остывшей на своем месте. Очевидно, что во время извержения, когда лава стоит высоко в кратере, часто образуются эти трещины, которые заполняются текучей породой. Фактически, выбросы лавы, хотя впоследствии они могут распространяться на большие расстояния по открытому воздуху, обычно прокладывают себе путь под землей через шлаковый конус и впервые обнаруживаются на расстоянии мили или более от внутренних стен кратера. Их путь, вероятно, образован трещинами в уплотненном пепле, подобными тем, которые мы прослеживаем на крутых склонах Атрия-дель-Кавалло, как отмечалось ранее. Для дальнейшей истории этих трещин нам придется обратиться к фактам, которые лучше всего представлены в конусе Этны.

Количество каменной массы, выброшенной вулканами в окрестностях Неаполитанского залива, очень велико. Только часть его осталась в области вокруг этих конусов; безусловно, большая часть была смыта или унесена ветром. После каждого значительного извержения обширное поле покрывается пеплом, так что возделанная земля выглядит как бы полностью стерилизованной; но за короткое время значительная часть вещества исчезает, часть его разлагается и выщелачивается, а большая часть остатка смывается в море. Только ливни, которые накапливаются глубоким слоем, склонны задерживаться на поверхности страны. Большая часть этой измельченной породы уносится ветром, иногда в больших количествах, как в тех случаях, когда из-за нее потемнело небо более чем в тысяче миль от конуса. Более того, вода из пара, вызвавшая выброс, и другие газы, сопровождавшие пар, не оставили никаких следов своего присутствия, за исключением глубоких каналов, которые образовал дождь из конденсирующегося пара на склонах холмов. Тем не менее, после всех этих вычитаний количество вулканического вещества, оставшегося на поверхности Неаполитанского залива, при равномерном распределении образовало бы слой толщиной в несколько сотен футов - возможно, даже в тысячу футов в глубину — над территорией, на которой расположены жерла. Вся эта материя была извлечена в относительно недавнее время из глубин земли. Удивительным фактом является то, что эти раскопки не сопровождались значительным и, действительно, никаким постоянным оседанием поверхности. Мы не можем поверить, что это изъятие материала из-под земли привело к образованию открытых подземных пространств. Мы прекрасно знаем, что любое такое сооружение, будь оно значительного размера, быстро было бы раздавлено весом вышележащих пород. Мы должны, действительно, предположить, что эти лавы, движимые паром, которые направляются к вентиляционному отверстию, откуда они должны выйти в виде пыли или жидкости, приходят под землю издалека, вероятно, из-под морского дна на западе.

Хотя берега Неаполитанского залива оставались в целом на неизменной высоте в течение примерно двух тысяч лет, они кое-где подвергались небольшим колебаниям, которые,

скорее всего, связаны с движением вулканического вещества к жерлам, где оно должно найти выход. Наиболее интересное свидетельство такого рода дают исследования, проведенные на руинах храма Сераписа в Пуццуоли. Это здание было построено в дохристианские времена для поклонения египетскому богу Серапису, вмешательства которого добивались больные люди. Тот факт, что это божество Нила нашло пристанище в этом регионе, показывает, насколько тесными были отношения между Римом и Египтом в те древние времена. Серапеум был построен на берегу моря, чуть выше его уровня. Когда в наши дни его начали изучать, его пол был примерно на своем первоначальном уровне, но несколько стоячих колонн здания представляют собой неоспоримое свидетельство того, что эта часть берега была понижена на двадцать футов или более, а затем вновь поднята. Оседание подтверждается тем фактом, что верхняя часть колонн, которая не была защищена *обломками*, скопившимися вокруг них, была пробурена определенными моллюсками, известными как *литодоми*, которые имеют привычку выкапывать убежища в мягком камне, такие как эти мраморные колонны. В настоящее время пол, на котором стоят руины, кажется, постепенно проседает, хотя скорость движения очень медленная.

Еще одним доказательством того, что выбросы могут распространяться на большое расстояние под землей по пути к жерлу, является тот факт, что Везувий и Этна, хотя и находятся на расстоянии около трехсот миль друг от друга, по-видимому, обмениваются активностями — то есть периоды их вспышек не совпадают. Хотя эти элементы хронологии двух конусов могут быть случайными, взятые с аналогичными фактами, полученными из других месторождений, они, по-видимому, указывают на то, что жерла, хотя и далеко отстоящие друг от друга, могут, так сказать, питаться из общего подземного источника. Примечательным фактом в этой связи является то, что вулкан Стромболи, хотя и расположен между этими двумя конусами, находится в состоянии почти непрерывной активности. Это, вероятно, указывает на то, что последнее названное жерло выводит свои пары с другого уровня земли, чем большие конусы. В этом отношении вулканы, вероятно, ведут себя как источники, из которых, действительно, их можно рассматривать как группу. Читатель, несомненно, знает, что горячие и холодные источники часто бьют очень близко друг от друга, а разница в температуре обусловлена глубиной, с которой берут начало их воды.

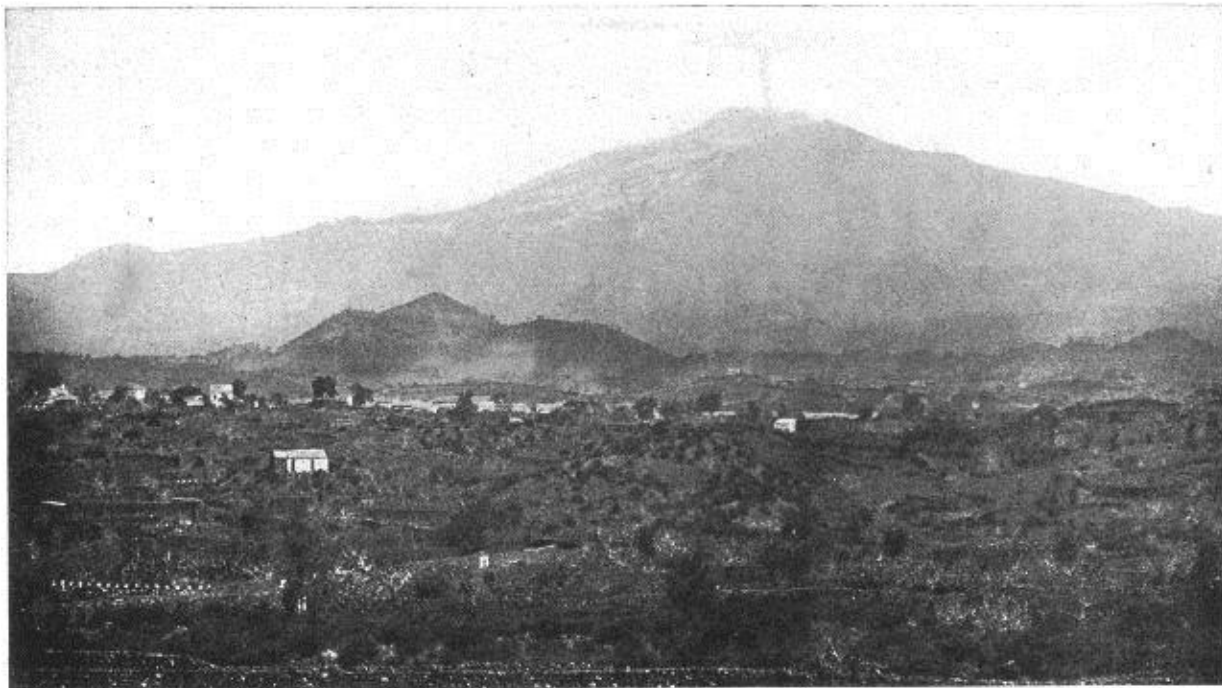
Поскольку последствия вулканических взрывов по своей природе очень опасны как для человека, так и для низших звеньев Природы, уместно отметить в целом влияние неаполитанских извержений на историю цивилизации в этом регионе. Как указывалось выше, первые греческие поселения в этих окрестностях - на острове Искья - были сильно потревожены извержениями вулканов, тем не менее остров стал резиденцией постоянной и процветающей колонии. Великое извержение 79 года, вероятно, унесло жизни многих сотен человек и привело к разрушению двух значительных городов, которые, однако, можно было бы с небольшими затратами восстановить для использования. С того дня различные извержения временно опустошили часть территории, но только на очень небольших полях разрушения были непоправимыми. Там, где земля была покрыта пылью, ее в большинстве мест снова можно обрабатывать, и распад лавы происходит так

быстро, что через столетие после прекращения ее стока на ее поверхности в большинстве случаев можно посадить виноградные лозы. Город Неаполь, расположенный среди жерл, хотя и не соприкасается непосредственно ни с одним из них, неуклонно рос и процветал с дохристианских времен. Сомнительно, что в городе когда-либо гибли люди в результате извержения вулкана, и никаких особых неудобств от них не было. Время от времени, после сильного пеплового ливня, приходится убирать вулканическую пыль, но это менее серьезный труд, чем тот, который приходится выполнять многим северным городам из-за снежной бури. Несмотря на все эти потрясения, обработка почвы в округе сохранялась. Он всегда был центром самого богатого и прибыльного земледелия, какое только можно найти в любой части Италии. Фактически, пепловые дожди, поскольку они приносят мелкодисперсную породу, очень богатую веществами, необходимыми для роста растений, в определенной мере способствовали поддержанию плодородия почвы, и этим действием в некоторой степени компенсировали ущерб, который они иногда наносят. Сравнивая разрушительные последствия извержений с теми, которые были вызваны войной, ненужными болезнями или даже плохой политикой, мы видим, что эти природные катаклизмы были наиболее милосердны к человеку. Многие тираны причинили больше страданий и смертей, чем было причинено этими грубыми действиями Природы.

С точки зрения натуралиста, Этна гораздо интереснее Везувия. Объем конуса более чем в двадцать раз превышает объем неаполитанского вулкана, а величина его взрывов, а также спектр явлений, которые они демонстрируют, несравненно больше. Однако случилось так, что, в то время как история человечества в описанном виде была тесно связана с крошечным везувийским конусом, отчасти потому, что относительно незначительный характер его возмущений позволял людям жить рядом с ним, более крупная Этна вытеснила культуру с поля вблизи своего жерла и проделала большую часть своей работы в созданном ею обширном уединении.^[9]

Этна подвергалась частым извержениям гораздо дольше, чем Везувий. В одах Пиндара, написанных в шестом веке до нашей эры, мы находим упоминания об извержениях. Говорят также, что философ Эмпедокл искал славы и смерти, бросившись в огненный кратер. Таким образом, в случае с этой горой не было такого длительного периода покоя, как на Везувии. Хотя наши записи о вспышках чрезвычайно несовершенны, они служат доказательством того, что жерло поддерживало свою активность гораздо более непрерывно, чем это обычно бывает с вулканами. Этна, как правило, представляет собой конус, выделяющий лаву; хотя количество выбрасываемой пыли велико, доля текучей породы, вытекающей из кратера, намного больше, чем на Везувии. Действительно, почти половина конуса может быть составлена из этого материала. Наш объем не позволяет привести ничего похожего на последовательный рассказ об этнейских извержениях с начала истории или даже полный отчет о его величественном конусе; мы можем лишь отметить некоторые особенности особенно поучительного характера, которые были отмечены многими способными людьми, изучавшими эту структуру и последствия ее извержения.

Наиболее важной особенностью Этны является огромный размер ее конуса. На вершине его высота, хотя и варьируется из-за частого разрушения и восстановления стен кратера, может составлять около одиннадцати тысяч футов. Основание, на котором залегает вулканический материал, вероятно, находится менее чем в тысяче футов над уровнем моря, так что максимальная толщина кучи вулканических выбросов, вероятно, составляет около двух миль. Средняя глубина этого слоя, вероятно, составляет около пяти тысяч футов, и, поскольку конус имеет средний диаметр около тридцати миль, мы можем заключить, что сейчас конус содержит около тысячи кубических миль вулканических материалов. Как бы ни была велика эта масса, это лишь малая часть выброшенного материала, вышедшего из вентиляционного отверстия. Вся материя, которая в своем парообразном состоянии вышла вместе с извержением, другие газы и пары, выделенные таким образом, исчезли. Точно так же большая часть пепла и большая часть лавы были унесены потоками, которые осушают регион и которые во время извержения сильно вздуваются из-за сопровождающих их проливных дождей. Автор подсчитал, что если бы все выбросы вулкана - твердые, жидкие и газообразные — можно было сосредоточить на конусе, они образовали бы массу объемом от двух до трех тысяч кубических миль. И все же, несмотря на этот огромный выброс землистого вещества, земля, на которой был построен Этнейский конус, не только не просела, но находилась в процессе непрерывного, медленного подъема, который поднял поверхность более чем на тысячу футов над уровнем, который она имела в то время, когда на этой территории началась вулканическая деятельность. Здесь даже более отчетливо, чем в случае с Везувием, мы видим, что материалы, выбрасываемые из кратера, поступают не непосредственно из-под его основания, а издалека, из областей, которые в случае этого островного вулкана находятся под морским дном. Несомненно, что здесь миграция скального вещества, вызванная расширением содержащейся в нем воды к жерлу, настолько превысила ту, которая была выброшена через кратер, что вызвало подъем поверхности, подобный тому, который мы наблюдали.



Гора Этна, видна из окрестностей Катании. Несовершенные конусы на линии неба слева - это конусы небольших вторичных извержений.

У горы Этна есть определенные особенности, которые отчасти обусловлены ее большими размерами, а отчасти климатическими условиями региона, в котором она находится. Верхняя часть горы зимой покрыта глубоким снегом; замерзшая вода действительно часто образует большие сугробы в ущельях вблизи вершины. Здесь иногда случалось, что слой пепла глубоко погребал эту массу, так что она сохранялась в течение многих лет, постепенно становясь все более закрытой в результате последующих извержений. В одном месте, где был открыт для обозрения этот плотный снег, который действительно принял форму льда, его добывали в карьерах и доставляли в города на морском побережье. Вероятно, что в верхней части горы, где из-за высоты климат очень холодный, между слоями пепла заключено много таких ледяных глыб. Этот любопытный факт показывает, насколько идеальными непроводниками являются слои пепла вулкана, защищающие замерзшую воду от тепла камней вокруг кратера.

Яростные дожди, обрушивающиеся на гору во время сильных извержений, выкапывают на ее склонах глубокие каналы. Вспышки лавы, которые сопровождают почти каждое извержение и которые спускаются с основания шлакового конуса на высоте от пяти до восьми тысяч футов над уровнем моря, естественным образом попадают в эти каналы, где они текут подобно рекам, пока не достигают нижней и менее изрезанной части конуса.

Такой поток лавы естественным образом начинает замерзать на поверхности, лава сначала становится вязкой, во многом напоминающей сливки на поверхности молока. Подталкиваемое более текучей лавой под ним, это вязкое покрытие принимает вязкую или гофрированную форму. По мере углубления замерзания поперек ущелья может образоваться прочная каменная крыша, которая, когда поток лавы перестает вытекать из

кратера, позволяет нижней части потока стекать, оставляя длинную пещеру или ряды пещер, простирающихся далеко вверх по конусу. Природа этого действия в точности сравнима с тем, что мы можем наблюдать, когда морозным утром после дождя мы можем обнаружить, что пустые каналы, которые были заняты струйками воды, покрыты льдом; ледяные крыши временны, в то время как лавовые могут сохраняться целую вечность. Некоторые из этих лавовых пещер были открыты, как и обычные пещеры, в результате обрушения их крыш; но большая часть естественным образом скрыта под постоянно увеличивающимся материалом конуса.

Лавовые пещеры Этны интересны не только своими особенностями формы, которые мы не беремся описывать, но и по той причине, что они помогают нам объяснить очень своеобразную черту в истории большого конуса. На склонах вулкана, ниже верхней золообразной части, есть несколько сотен меньших конусов, высота которых варьируется от нескольких десятков до семисот футов. Каждый из них имеет свой соответствующий кратер и, очевидно, был местом одного или нескольких извержений. Поскольку большая часть этих конусов древние, многие из них почти стерты дождями или погребены под выбросами, которые окружали их основания с момента их образования, мы склоняемся к мысли, что многие тысячи из них образовались за время существования вулкана. История этих вспомогательных конусов, по-видимому, связана с отмеченными выше лавовыми пещерами. Эти пещеры, из-за неправильной их формы, содержат воду. По сути, это естественные резервуары, где тут и там скапливаются обильные горные осадки. Когда во время извержения дамба, подобные тем, которые, как мы знаем, часто пронизывают гору, прорываются наружу из кратера через массу конуса и заполняются лавой, нагретая порода часто должна соприкоснуться с этими массами погребенной воды. Результатом этого неизбежно стало бы локальное образование пара с высокой температурой, который вырвался бы наружу в результате короткого, но мощного извержения, подобного тому, что, как наблюдалось, происходит при формировании этих периферийных вулканов. Иногда случалось, что после взрыва лава попадала в поток из открывшейся таким образом трещины. То, что этого объяснения достаточно, в определенной степени показано наблюдениями за определенными эффектами лавовых потоков Везувия. Один очень рассудительный наблюдатель, житель Неаполя, который сам интересовался феноменами этого вулкана, сообщил автору, что потоки лавы, когда они проникали в резервуар, подобные тем, которые они часто встречают, проходя над деревнями или фермами, испаряли воду и под действием пара образовывали небольшие временные конусы, которые, хотя обычно и смываются дальнейшим потоком жидкой породы, по существу подобны тем, которые мы находим на Этне. Такие вспомогательные, или, как их иногда называют, паразитарные конусы, известны и о других вулканах, но нигде они не являются столь характерными, как на склонах этого замечательного вулкана.

Очень заметной особенностью Этнейского конуса является большая долина, известная как Валь-дель-Бове, или Бычья лощина, которая простирается от основания современного и постоянно меняющегося шлакового конуса вниз по склонам более древнего сооружения почти до его основания. Эта долина имеет крутые склоны, местами высотой в тысячу или более футов, и, очевидно, образовалась в результате оседания частей конуса, которые остались без опоры из-за извлечения из-под них материалов, выброшенных во время

взрыва. Во время извержения эта замечательная долина стала местом обширного водного разлива, жидкость была выброшена из кратера в начале взрыва. В жерлах этого и других вулканов после длительного периода покоя большое количество воды, собирающейся в результате дождей или конденсирующейся из пара, который медленно выходит из этих отверстий, часто подобно наводнению стекает по склонам гор. При великом извержении Галонгуна на Яве такая масса воды, выброшенная ужасающим взрывом, смешанная с пеплом, так что масса образовала густую грязь, была выброшена с такой энергией, что опустошила территорию диаметром почти восемьдесят миль, уничтожив леса и их диких обитателей, а также людей, которые жили в пределах досягаемости удивительного бедствия. Вода с такой силой вырывалась из кратера, что районы, расположенные непосредственно у основания конуса, были в некотором роде затоплены мощным потоком и отделались относительно небольшим ущербом.

Когда поток лавы выходит из основания шлакового конуса или из одного из небольших периферийных кратеров, он обычно кажется раскаленным добела и течет с легкостью воды. На самом деле он не обладает такой текучестью; его состояние скорее напоминает тонкую пасту; но большой вес материала — почти в два с половиной раза больше веса воды — делает движение вниз по склону быстрым. Центральная часть лавового потока долго сохраняет свою высокую температуру; но поверхность, остывая, сначала превращается в прочный лист, который, хотя и может изгибаться, вряд ли можно назвать текучим. Дальнейшее затвердевание превращает эти отдаленные участки течения в твердый стекловидный камень, который разбивается на фрагменты, напоминая лед на поверхности реки. Таким образом, происходит так, что наступающий фронт лавового потока становится закрытым, а его движению препятствует замерзшая порода, пока скорость течения не может превышать нескольких футов в час, и создается впечатление, что гряда камня медленно катится вниз по склону. Время от времени образуется щель, через которую изливается тонкая струйка жидкой лавы, но материал, уже отдавший большую часть своего тепла, быстро остывает и, в свою очередь, покрывается слоем замерзших фрагментов. В этом состоянии потока лавовый поток выступает со всех сторон высоко над склоном, который он пересекает; фактически, он окружен своими собственными затвердевшими частями, хотя его толкает вперед поток, который продолжает течь в нижних сводах. При таком состоянии движения незначительные несчастные случаи или даже вмешательство человека могут направить ток в ту или иную сторону.

Некоторые из самых интересных глав в истории Этны связаны с усилиями людей повернуть эти медленно текущие потоки так, чтобы их потоки могли течь по диким местам, а не по полям и городам. Во время великого потока 1669 года, который угрожал городу Катания, большому месту на берегу моря к юго-востоку от конуса, патристически настроенный гражданин, сеньор Папаллардо, защищая себя и своих слуг одеждой из шкур и большими щитами, выступил вперед, вооруженный большими крюками, с целью изменить направление потока лавы. Ему удалось отодвинуть камни на берегу ручья, так что поток расплавленной породы был направлен в другом направлении. Уловка, вероятно, увенчалась бы успехом, если бы ему позволили продолжать свои труды; но жители соседней деревни, которым угрожал стремительный поток, созданный

Папаллардо, взялись за оружие и прогнали его и его приближенных. Поток продолжался, пока не достиг Катании. Люди поспешили возвести городские стены на опасной стороне выше, чем это было раньше, но прилив перехлестнул через ее вершину.

Хотя лавы, выходящие из вулкана, очевидно, имеют высокую температуру, их способность плавить другие породы относительно невелика. Из-за своего веса они размывают эти породы даже энергичнее, чем мощные потоки воды, но они относительно неэффективны при плавлении камня. На Этне и в других местах мы часто можем наблюдать лавы, протекающие через леса. Когда волна расплавленной породы проходит мимо, деревья могут оказаться обугленными, но не сгоревшими полностью; даже стволы диаметром в несколько дюймов сохраняют достаточную прочность, чтобы поддерживать значительные выступы и сгустки налипшей на них лавы. Эти факты подтверждают вывод о том, что текучесть нагретого камня в значительной степени зависит от количества воды, которая содержится либо в жидком, либо в парообразном состоянии между частицами материала.

Если мы рассмотрим итальянские вулканы в целом, то обнаружим, что они расположены длинной прерывистой линией, простирающейся от северной части долины реки По, в пределах видимости Альп, до Этны, а подземными конусами, возможно, до северного побережья Африки. На северном конце линии у нас есть красивая группа потухших вулканов, известная как Евгейские горы. Оттуда на юг, к южной Тоскане, кратеров нет, но есть свидетельства трещин в земле, из которых выходят термальные воды. От южной Тосканы на юг через Рим до Неаполя есть много потухших кратеров, ни один из которых не был активным в исторический период. От Неаполя к югу конусы этой системы, числом около дюжины, расположены на островах или близко к кромке моря. Примечательным фактом является то, что большая часть этих прибрежных или островных жерл была активна с незапамятных времен; некоторые из них были активны часто и яростно, в то время как ни одно из тех, что располагались внутри страны, не было местом взрывов. Это яркий пример, демонстрирующий связь этих процессов с условиями, возникающими на морском дне.

Этна, как мы уже заметили, гораздо более мощный вулкан, чем Везувий. Его вспышки более энергичны, его эманации значительно больше по объему, а масса его конструкций во много раз больше, чем накопленных в любом другом европейском конусе. Однако в мире есть ряд вулканов, которые по некоторым характеристикам превосходят Этну настолько же, насколько этот кратер превосходит Везувий. Из них мы рассмотрим только два — Скаптар Йокуль из Исландии, примечательный объемом своего лавового потока, и Кракатау, островной вулкан между Явой и Суматрой, который был местом самого сильного взрыва, о котором у нас есть какие-либо записи.

Всю Исландию можно рассматривать как вулканическую массу, состоящую в основном из лавы и пепла, выброшенных группой вулканов, расположенных вблизи северного конца длинной магматической оси, которая проходит через центр Атлантики. Остров был местом многочисленных извержений; фактически, с момента его заселения северянами в 1070 году его крепкие жители были почти так же огорчены бедствиями, вызванными внутренней жарой, как и непреходящим внешним холодом. Они действительно побывали

между морозом и огнем. Самое крупное зарегистрированное извержение Исландии произошло в 1783 году, когда вулкан Скаптар, расположенный недалеко от южной границы острова, сначала выбросил огромное количество пыли и пепла, а затем в вялом состоянии извержения затопил ряд долин самым мощным потоком лавы, о котором у нас есть какие-либо письменные свидетельства. Пыль, поднимавшаяся в верхние слои воздуха, будучи мелкодисперсной и в огромном количестве, месяцами витала в воздухе, придавая небу Европы мрачный оттенок, что заставляло простых людей и многих ученых опасаться, что на них обрушился гнев Божий и что судный день близок. Даже поэт Каупер, человек высокой культуры и образования, разделял эту необоснованную точку зрения.

Поток лавы во время этого извержения заполнил одну из значительных долин острова, высушив реку и затопив равнины по обе стороны. Оценки, которые были сделаны относительно объема этого потока, по-видимому, указывают на то, что он, возможно, составлял больше, чем основная часть Монблана.

Это великое извержение, вызванное прямым следствием стихийного бедствия, а также вызванным им массовым голодом из-за опустошения полей и отпугивания рыбы от берегов, уничтожило почти пятую часть исландского населения. Фактически, это следует запомнить как одно из трех или четырех самых разрушительных извержений, о которых у нас есть какие-либо сведения, и, с точки зрения потока лавы, величайшее в истории.

Всего через сто лет после великого извержения Скаптара, омрачившего небо Европы, остров Кракатау, образованный небольшим вулканом в Яванском проливе, был местом взрыва паров, который по своей интенсивности не только не имеет аналогов, но и практически не встречается во всех описаниях подобных возмущений. Кракатау долгое время считался вулканическим островом; однако сомнительно, чтобы его когда-либо видели извергающимся в течение трех столетий или более с тех пор, как мимо него начали проплывать европейские корабли, до мая месяца вышеупомянутого года. Затем произошла вспышка того, что можно назвать обычным насилием, которое через несколько дней прекратилось настолько, что наблюдатели приземлились и обратили внимание на изменения, которые вызвала судорога. В течение примерно трех месяцев больше не было никаких признаков активности, но 29 августа произошла серия мощных взрывов, которые снесли большую часть острова, образовав на его месте подводный кратер диаметром в две или три мили, создав всемирные волнения на море и в воздухе. Звуки вспышки были слышны на расстоянии в тысячу шестьсот миль. Волны воздушного судна, сопровождавшего взрыв, по крайней мере один раз обожали землю, на что отчетливо указывали самопишущие барометры; действительно, возможно, что, пересекаясь друг с другом в восточном и западном направлениях, эти атмосферные приливы дважды опоясали сферу. В действительности воздух над кратером поднялся на высоту нескольких десятков тысяч футов, а оттуда покатился большими круговыми волнами, подобными тем, которые можно наблюдать в кастрюле с молоком, когда резкий удар толкает дно вверх.

Сильный удар, нанесенный по водам моря, создал огромную волну, которая в том районе, где она возникла, накатилась на берег стеной прибоя высотой пятьдесят или более футов. За несколько минут около тридцати тысяч человек были подавлены. Волна вышла за свои

разрушительные пределы, во многом подобно приливу; ее влияние ощущалось в резких подъемах и спадах уровня воды вплоть до тихоокеанского побережья Северной Америки, и было указано датчиками прилива в Атлантике вплоть до побережья Европы.

Из-за силы извержения Кракатау не выбросил лаву, но пыль и пепел, поднявшиеся в воздух, или, другими словами, тонко измельченная лава, вырвавшаяся в атмосферу, вероятно, составили в объеме более двадцати кубических миль. Более грубая часть этого материала, включая большое количество пемзы, попала в близлежащие моря, где, благодаря своей легкости, она могла свободно дрейфовать в морских течениях повсюду в океаническом царстве. Более мелкие частицы, выброшенные высоко в воздух, возможно, на высоту почти ста тысяч футов - несомненно, на высоту более половины этого количества, — разнеслись повсюду в атмосфере, так что в течение многих лет воздух во всех регионах был затянут облаками, а восход и закат солнца имели особое красное свечение, которое частицы пыли создают благодаря отражаемому ими свету. В этот период, во все времена, когда день был ясным, солнце, казалось, было окружено сумеречным ореолом. Со временем большая часть этой пыли была притянута вниз под действием силы тяжести, и какая-то ее часть, вероятно, упала на каждый квадратный фут земли. После исчезновения характерных явлений, которые он вызывал в атмосфере, европейские наблюдатели отметили существование слабых облаков, лежащих в верхней части воздуха на высоте ста миль или более над поверхностью. Эти облака, которые поначалу были отчетливо видны на самой ранней стадии рассвета и в последний период закатного сияния, казалось, быстро двигались на восток и поднимались все выше над землей. Не без оснований предполагалось, что эти сияющие облака представляют собой частицы тончайшей пыли с Кракатау, которая была выброшена так далеко за пределы притяжения земли, что отделяется от сферы. Если эта точка зрения верна, то представляется вероятным, что мы можем рассматривать мощные вулканические взрывы как источник, откуда могли появиться пылеобразные частицы, населяющие небесные пространства. Одним словом, они могут быть вызваны вулканическими взрывами, происходящими на этой и других небесных сферах.

Предложенный выше вопрос о возможности вулканических выбросов, выбрасывающих вещество с земли вне контроля ее гравитационной энергии, представляет большой научный интерес. Расчеты (не совсем достоверные) показывают, что тело, покидающее поверхность земли в условиях пушечного ядра, выпущенного вертикально вверх, должно было бы обладать начальной скоростью не менее семи миль в секунду, чтобы свободно улететь в космос. На первый взгляд может показаться, что мы должны быть в состоянии рассчитать, могут ли вулканы поднимать земное вещество вверх с такой скоростью. На самом деле, однако, достаточных данных получить невозможно; мы знаем только в общих чертах, что столб пара поднимается на высоту тридцати или сорока тысяч футов, и это при извержениях небольшой величины. При аварии, подобной той, что произошла на Кракатау, даже если бы наблюдатель находился достаточно близко, чтобы ясно видеть происходящее, шанс на то, что он выживет в результате возмущения, был бы невелик. Более того, поднимающиеся пары из-за расширения ими пара в колонне начинают вылетать вбок по ее периферии, так что верхняя часть центральной секции отвода не видна с земли.

Именно в центральной части поднимающейся массы, если вообще где-либо, пыль может достичь высоты, необходимой для того, чтобы вывести ее за пределы притяжения земли, перенеся ее практически в пределы солнечной системы, или в положение, когда ее собственное движение и притяжение других сфер придали бы ей независимое орбитальное движение вокруг Солнца или, возможно, вокруг земли. Мы можем только сказать, что наблюдения за высотой вулканических выбросов чрезвычайно желательны; вероятно, они могут быть сделаны только с воздушного шара. Вознесение, совершенное таким образом за пределы облачного диска, образованного извержением, могло бы привести наблюдателя туда, где он мог бы разглядеть достаточно, чтобы определить суть дела. Хотя движение каменистых частиц невозможно было наблюдать, цвет, который они придавали бы небесам, мог бы рассказать историю, которую мы хотим знать. Есть свидетельства того, что большие массы камня, выброшенные в результате извержения вулкана, упали в семи милях от основания конуса. Предполагая, что массы поднимались прямо вверх в начале своего подъема и что впоследствии они были вынесены наружу за счет расширения столба, расчеты, которые имеют общее, но не абсолютное значение, по-видимому, указывают на то, что массы достигли высоты от тридцати до пятидесяти миль и имели начальную скорость, которая, если бы ее удвоили, могла бы унести их в космос.

Наконец, мы обратим внимание на условия, которые сопровождают извержения подводных вулканов. Такие взрывы наблюдались лишь в нескольких случаях, и только в тех случаях, когда есть основания полагать, что кратер в момент его взрыва достигал высоты в несколько сотен футов над уровнем моря. В этих случаях выбросы, которые никогда еще не наблюдались в состоянии лавы, но в состоянии пыли и пемзы, иногда образовывали низкий остров, который вскоре был смыт волнами. Зная, что вулканов на морском дне предостаточно, вопрос, почему мы реже видим, как их взрывы тревожат поверхность вод, очень интересен, но пока не поддается четкому объяснению. Однако возможно, что вулканический выброс, происходящий на глубине нескольких тысяч футов под поверхностью воды, не смог бы отбросить жидкость в сторону, чтобы открыть трубу, ведущую на поверхность, но израсходовал бы свою энергию скрытым образом вблизи дна океана. Пары должны были бы постепенно расширяться, как это происходит при прохождении вверх по скальной трубе вулкана, и при их медленном прохождении вверх они могли бы быть поглощены водой. Выброшенные твердые материалы в этом случае обязательно упали бы близко к жерлу и образовали бы очень крутой конус, на что, как мы находим, указывают зондирования у некоторых вулканических островов, уровень воды на которых, по-видимому, лишь недавно превысил уровень воды.

Как будет видно, хотя и неадекватно из диаграмм Везувия, вулканические конусы имеют правильность и симметрию формы, намного превосходящую ту, которую обеспечивают очертания любых других объектов земли. Там, где, как это обычно бывает, форма конуса определяется распределением падающей золы или разделенной лавы, которая составляет массу большинства конусов, наклон, как правило, известен как цепная кривая, то есть линия, образованная цепью, висящей между двумя точками на некотором расстоянии от вертикали. Интересно отметить, что этот изящный контур является отражением или следствием кривой, описываемой поднимающимся паром. Расширение восходящего столба приводит к тому, что он увеличивается с несколько постоянной скоростью, в то

время как скорость подъема постоянно уменьшается. Точно такое же действие можно увидеть в подобном выбросе пара и других газов и испарений из жерла пушки; только в случае пушки, даже самого большого размера, мы не можем проследить движение более чем на несколько сотен футов. В этом столбе выброса движение наружу из центра уносит куски лавы наружу от центра шахты, так что, когда они теряют свою скорость подъема, они увлекаются вниз по бокам конуса, причем количество, падающее на каждую часть этой поверхности, в общем случае пропорционально толщине парообразной массы, из которой они выпадают. В результате самая толстая часть пепловой кучи образуется в верхней части кратера, начиная с этого места отложения уходят в глубину во всех направлениях. В определенной степени концентрация к центру конуса достигается за счет притока воздуха, который движется по направлению к восходящему столбу.

Хотя, как правило, выбросы вулканического вещества происходят через конусы, которые неизбежно образуются при выходе пара, очень обширные излияния лавы, по массе, вероятно, намного превышающие выбросы через обычные кратеры, иногда изливаются через трещины в земной коре. Так, в Орегоне, Айдахо и Вашингтоне, в восточной Европе, на юге Индии и в некоторых других местах обширные потоки, которые, по-видимому, происходили из трещин, затопили огромные области выбросами лавы. Условия, которые, по-видимому, вызывают эти трещинные извержения лавы, еще до конца не изучены. Предварительный и весьма вероятный отчет об этом действии можно найти в гипотезе, которая сейчас будет изложена.

Там, где какой-либо регион долгое время был очагом вулканической деятельности, вполне вероятно, что под его поверхностью находится большое количество горных пород в более или менее текучем состоянии. Хотя вырывающийся пар выбрасывает большую часть этого расплавленного материала, есть основания предполагать, что еще большая его часть находится в состоянии покоя в подземных пространствах. Таким образом, в случае Этны мы видели, что, хотя образовалось несколько тысяч миль скального вещества, основание конуса было приподнято, вероятно, в результате перемещения в эту область более или менее текучей породы. Если теперь область, таким образом, находящаяся под тем, что мы можем назвать зарождающимися лавами, подвергается специфическому сжимающему воздействию, которое приводит к горообразованию, мы, естественно, должны ожидать, что такой мягкий материал будет изливаться, возможно, в огромных количествах через трещины разломов, которые так легко образуются во всех видах горных пород при воздействии нерегулярных и мощных деформаций, которые неизбежно возникают при перемещении горных пород при горообразовании. Великие извержения, образовавшие вулканические плато на западном побережье Северной Америки, по-видимому, были обязаны вытеснению своих материалов в результате горообразования. По-видимому, это имело место и в некоторых из тех небольших районов, где в Европе происходят трещинные потоки. Вполне вероятно, что это действие объяснит большую часть этих мощных извержений.

Нет необходимости предполагать, что скальная порода под этими странами, которая при вытеснении превратилась в лаву, обязательно находилась в состоянии совершенной текучести до того, как ее вытеснили через трещины. Расположенный на большой глубине в земле, он находился под давлением настолько большим, что его частицы, возможно,

были настолько сведены воедино, что материал был по существу твердым, хотя мог свободно перемещаться под воздействием больших напряжений, которые воздействовали на него, и приобретал температуру вместе с текучестью, которую вызывает тепло, когда его выталкивало давление, создающее горы. В качестве иллюстрации того, как материалы могут сильно нагреваться при вынужденном перемещении частица за частицей, уместно привести случай, когда железная опора на вершине деревянной плотины недалеко от Холиока, штат Массачусетс, пострадала, когда барьер разрушился во время наводнения. Говорят, что железная струна, будучи очень хорошо сколоченной, растягивалась от напряжения до тех пор, пока не стала ощутимо красноватой из-за движения ее частиц и, наконец, с шипением упала в воду внизу. Подобный нагрев наблюдается, когда металл вытягивается при изготовлении проволоки. Таким образом, масса несовершенной текучей породы может за время вынужденного прохождения нескольких миль значительно повысить температуру.

Хотя наиболее яркое вулканическое действие — а на самом деле все подобные явления, как принято называть, — в конечном итоге проявляется на поверхности земли, значительная часть работ, относящихся к той же группе геологических действий, полностью ограничивается глубоко залегающими породами и приводит к образованию дамб, которые проникают в толщу, но не поднимаются на открытый воздух. Мы уже отмечали тот факт, что дамбы изобилуют в более глубоких частях вулканических конусов, хотя трещины, в которые они попадают, редко выходят на поверхность. Точно так же под землей в невулканических странах мы можем обнаружить на большой глубине в более старых, сильно измененных горных породах огромное количество таких щелей шириной от нескольких дюймов до ста футов и более, которые были заполнены лавой, когда-то расплавленной, а затем остывшей. В большинстве случаев эти дамбы обнаруживаются нами в результате разрушения грунта, которое привело к удалению слоев, в которые не проникли дамбы, таким образом раскрывая область, в которой имели место нарушения.

Там, где, как это иногда бывает в глубоких шахтах или на каком-нибудь голом скалистом утесе большой высоты, мы можем проследить движение дамбы вверх на большом расстоянии, мы обнаруживаем, что никогда не можем отчетливо обнаружить нижнюю точку ее продолжения. Никто никогда не видел ясно точку происхождения такого вливания. Однако мы часто можем проследить за ним вверх до того места, где больше не было разлома, в который он мог проникнуть. На своем восходящем пути расплавленное вещество, как правило, следует по какой-либо ранее существовавшей трещине, плоскости сочленения или разлому, который обычно проходит через породы на этих плоскостях. Мы можем наблюдать свидетельства того, что материал находился в состоянии магматической текучести, по тому факту, что он обжег скальные породы по обе стороны трещины, причем степень обжига была пропорциональна ширине дамбы и, следовательно, количеству тепла, которое она могла выделять. Дамба диаметром шесть дюймов иногда едва проходит по его стенам, в то время как дамба шириной в сто футов часто изменяет толщину на большом расстоянии с обеих сторон. В некоторых случаях, как, например, в угольных пластах близ Ричмонда, Вирджиния, дамбы иногда прорезают пласты битуминозного угля. В этих случаях мы обнаруживаем, что уголь был превращен в кокс на протяжении многих футов по обе стороны от значительной закачки. Тот факт, что материал дамбы был расплавленным, еще более подтверждается наличием в нем фрагментов, которые он взял со стенок и которые, возможно, были частично расплавлены, а в большинстве случаев явно подверглись сильному нагреву.

Там, где дамбы проходят через слоистые слои, которые отделены друг от друга отдельными слоями, вдоль которых порода не связана прочно друг с другом, время от времени случается, как отметил г-н Г.К. Гилберт из Геологической службы Соединенных Штатов, что лава прокладывает себе путь горизонтально между этими слоями, постепенно поднимая вышележащую массу, через которую она не прорвалась, в куполообразное возвышение. Эти боковые потоки из даек называются лакколитами - словом, обозначающим бассейнообразную природу каменистой массы, которую они образуют между пластами.

Во многих регионах, где земля истерлась настолько, что обнажилась зона даек, образовавшаяся на большой глубине, поверхность страны изрядно испещрена этими вторжениями. Так, на Кейп-Энн, скалистом острове на восточном побережье Массачусетса, площадью около двадцати квадратных миль, автор с помощью своего коллеги, профессора Р.С. Тарра, обнаружил около четырехсот отчетливых дамб, расположенных на береговой линии, где скалы были обнажены волнами. Если бы перепись этих вторжений можно было распространить на весь остров, то, вероятно, оказалось бы, что их общее число превысило пять тысяч. В других регионах можно найти квадратные мили, где дамбы, перекрытые поверхностью, занимают совокупную площадь, большую, чем площадь пород, в которые они были внедрены.

Время от времени, но редко, изучающий плотины находит такую, где граничащие стенки вместо того, чтобы иметь чисто вырубленный вид, который они обычно демонстрируют, имеют сильно истертые и сильно оплавленные грани, как будто в результате

длительного прохождения магматической жидкости через расщелину. Такие дамбы обычно очень широки и, вероятно, являются путями, по которым лавы выходили на поверхность земли, изливаясь при извержении вулкана. В некоторых случаях мы можем проследить их связь с древними вулканическими конусами, которые стерлись во всех своих частях и состояли из некогерентных материалов, так что осталась только центральная труба, которая сохранилась от разрушения благодаря связному характеру заполнявшей ее лавы.

Гипотеза о том, что дайки выталкиваются вверх в пласты под давлением слоев, которые перекрывают материалы, достаточно горячие и мягкие, чтобы прийти в движение, когда в них проникает трещина, и что их движение вверх по расщелине объясняется этим давлением, делает понятными некоторые особенности этих вторжений. Видя, что в скале встречаются очень длинные, тонкие каналы, которые не могли иметь высокой температуры, становится трудно понять, как лава могла сохранять свою текучесть; но, исходя из предположения, что она продвигалась вперед под действием сильного давления и что энергия, таким образом передаваемая через нее, преобразовывалась в тепло, мы обнаруживаем средство, с помощью которого она могла сохраняться в жидком состоянии, даже когда ее выталкивали на большие расстояния по очень узким каналам. Более того, это объяснение объясняет тот факт, который долгое время оставался необъяснимым, что дамбы, за исключением тех, которые образуются вокруг вулканических кратеров, редко, если вообще когда-либо, поднимаются на поверхность.

Материалы, содержащиеся в дайках, чрезвычайно различаются по своему химическому и минеральному характеру. Эти колебания обусловлены различиями в природе отложений, из которых они происходят, а также в определенной степени обменами, которые происходят между их собственным веществом и веществом пород, между которыми они отложены. Этот процесс часто имеет важное экономическое значение, поскольку он нередко приводит к образованию металлоносных жил или других скоплений руд либо в самой дамбе, либо в вмещающей породе. Способ, которым это достигается, может быть легко понят на знакомом примере. Если мякоть поместить в воду той же температуры, обмена веществ не произойдет; но если воду нагреть, будет налажена циркуляция, которая со временем перенесет большую часть растворимых веществ в окружающую воду. Это движение в первую очередь зависит от разницы температур и, следовательно, от разницы в количестве растворимых веществ, которые стремится поглотить вода. Когда дамба вводится в более холодные породы, возникает такая медленная циркуляция. Вода, содержащаяся в пустотах камня, насыщается минеральными материалами, если таковые имеются в местах, где она может ими завладеть, и по мере охлаждения эти растворенные материалы откладываются в виде прожилок. Эти прожилки обычно располагаются на плоскостях соприкосновения двух видов камня, но они могут образовываться и в любых других полостях, которые существуют по соседству. Образованию таких жил часто способствует значительная усадка лавы в дамбе, которая при остывании имеет тенденцию терять около пятнадцати процентов своего объема и, таким образом, вероятно, оставит трещину рядом с граничными стенками. Образовавшиеся таким образом руды являются одними из самых распространенных и часто богатейших месторождений полезных ископаемых. В Лидвилле, в Колорадо, большие

серебросодержащие залежи, вероятно, были образованы таким способом, при котором лавы, либо из даек, либо из тех, что текли под открытым небом, соприкасались с известняками. Минеральные материалы, первоначально содержащиеся в некогда расплавленной породе или в известковых отложениях, были, как мы полагаем, отложены на древнем морском дне в виде остатков органических форм, которые для своего особого использования брали материалы из старой морской воды. Процесс образования жил послужил для объединения этих разрозненных кусочков металла в агрегацию, которая представляет собой пригодный для обработки осадок. Со временем, по мере разрушения горных пород, материалы жил снова превращаются в раствор и возвращаются в море, откуда, возможно, снова начинается цикл изменений.

В некоторых дайках, а иногда также, возможно, в лавах, известных как базальты, которые вытекли на поверхность, порода при охлаждении из-за происходящей затем усадки разрушалась очень правильным образом, образуя шестиугольные колонны, которые более или менее разделены по длине соединениями. Когда материал изнашивается в результате разрушения, особенно там, где он образует крутые утесы, создается в высшей степени искусственный эффект, который часто сравнивают с обрезкой под прямым углом к колоннам, тротуарам или, если разделение параллельно колоннам, с трубами органа.

То, что мы знаем о дамбах, склоняет нас к мнению, что в целом они представляют собой движения размягченной породы, где движущей силой является в основном не расширение содержащейся в них воды, что приводит к вулканическому извержению, а скорее в значительной степени из-за веса перекрывающих слоев, приводящих в движение материалы, которые были несколько размягчены и которые имели тенденцию к оползанию, как это происходит с глинами в глубоких угольных шахтах. Однако очевидно; более того, вполне естественно, что работа дамбы в некоторой степени смешивается с работой, производимой вулканическими силами; но хотя граница между этими двумя действиями не является резкой, различие важно и происходит с довольно необычной отчетливостью на границе между двумя смежными областями явлений.

Теперь мы должны рассмотреть общее воздействие внутреннего тепла земли в той мере, в какой это повышение температуры имеет тенденцию выталкивать материалы из глубин земли на поверхность. Эта группа влияний является одной из наиболее важных, действующих в нашей сфере; как мы вскоре увидим, без такого воздействия земля со временем стала бы непригодным театром для развития органической жизни. Чтобы понять эффект этих движений, мы должны сначала отметить, что в огромном царстве морей, где образуются горные породы, органическая жизнь постоянно извлекает из воды вещества, такие как известь, поташ, сода и множество других веществ, необходимых для поддержания высокоразвитых организмов, откладывая эти материалы в растущих слоях. В эти слои, которые засыпаются так же быстро, как и образуются, попадают не только эти землистые материалы, но и большой запас морской воды. Результатом этого было бы с течением времени полное изъятие в недрах земли тех веществ, которые играют

необходимую роль в органическом развитии. Земля стала бы более или менее полностью безводной на своей поверхности, и породы, выставленные на обозрение, состояли бы в основном из кремнезема, материала, который в значительной степени сопротивляется растворению и, следовательно, избегает растворения, которое характерно для большинства других видов горных пород. Здесь задействовано оборудование горячих источников, дамб и вулканов. Эти агенты, действующие под влиянием внутреннего тепла земли, постоянно участвуют в переносе земного вещества, особенно его ценных, более растворяющихся частей, обратно на поверхность. Горячие источники и вулканы действуют быстро и непосредственно и возвращают воду, углекислый газ и множество других испаряющихся, растворимых и легкоплавких веществ в сферу солнечной активности, в зону обитания на поверхности Земли. Дамбы срабатывают не так быстро, но в конечном итоге дают тот же эффект. Они поднимают свои материалы на много миль выше уровня, на котором они были первоначально уложены, вероятно, из зоны, которая редко, если вообще когда-либо, выставляется на обозрение, размещая их вблизи поверхности, где эрозионные агенты могут легко найти к ним доступ.

Из трех агентов, которые служат для вывоза материалов земли из ее недр, вулканы, несомненно, являются наиболее важными. Они выбрасывают большую часть воды, которая выбрасывается из горных пород. Различные расчеты, сделанные автором, показывают, что обычный вулкан, такой как Этна, во время наиболее интенсивных взрывов может выбрасывать в виде пара одну четвертую кубической мили или более воды в течение каждого дня своего извержения, а за одно сильное извержение может выбросить в несколько раз больше этого количества. За свою историю Этна, вероятно, вернула в атмосферу несколько сотен кубических миль воды, которая, если бы не этот процесс, навсегда осталась бы запертой в своей каменной тюрьме.

Выброс горного материала, хотя, вероятно, в среднем в меньшем количестве, чем вытекающая вода, также имеет заслуживающее внимания значение. Вулканы Явы и прилегающих островов за последние сто двадцать лет выбросили в моря больше земного материала, чем было принесено в эти бассейны великими реками. Если бы мы могли принять во внимание все вулканические извержения, произошедшие за это время, мы, несомненно, обнаружили бы, что количество материалов, выброшенных таким образом в океаны, было в несколько раз больше того, что было доставлено с суши всеми поверхностными агентами, которые их размывают. Более того, в то время как материал с суши, за исключением небольшой части, находящейся в состоянии полного растворения, весь выпадает близко к берегу, вулканические отходы из-за их тонкого разделения или из-за пузырьков воздуха, содержащихся в их массах, могут плавать в течение многих лет, прежде чем найдут свой путь ко дну, они могут находиться в точке, противоположной той, в которой они поступили с земли. При таком перемещении по морю скальные породы вулканов склонны растворяться в воде; действительно, сомнительно, чтобы какая-либо значительная часть того, что попадает в океан, опускалась под действием силы тяжести на его дно. Большая часть, вероятно, переходит в состояние раствора и оттуда через тела растений и животных снова переходит в весомое состояние.

Если бы наблюдатель мог видеть землю с поверхности Луны, он, вероятно, каждый день наблюдал бы одну из этих бурь, которые насылают вулканы. В двухнедельной темноте,

даже невооруженным глазом, вероятно, можно было бы в любой момент различить несколько извержений, некоторые из которых указывали бы на то, что поверхность земли была опустошена крупными катастрофами. Более пристальный взгляд на эти действия показывает нам, что, хотя локально и в небольшой степени они наносят вред жизни на земле, в значительной степени они приносят пользу.

ГЛАВА VIII.

ПОЧВА.

Частое упоминание почвенных явлений, которое было необходимо сделать в предыдущих главах, показывает, насколько тесно эта особенность в структуре земли связана со всеми элементами ее физической истории. Теперь нам необходимо последовательно рассмотреть феномен почв.

Изучение любого значительного речного бассейна позволяет нам проследить наиболее важные этапы, которые приводят к разрушению и обновлению обломочного покрытия земли. В такой интерпретации мы отмечаем, что повсюду породы, которые были построены на морском дне и более или менее переработаны в великой лаборатории недр земли, находятся на поверхности, подвергаясь воздействию атмосферных условий, в процессе разборки на куски и возврата в море. Это действие происходит повсюду; каждая капля дождя способствует ему. Этому способствует мороз или даже изменения в расширении и сжатии, которые происходят в горных породах от колебаний температуры. В результате, за исключением тех случаев, когда склоны крутые, поверхность быстро покрывается слоем обломков, все из которых находятся в процессе гниения и готовы послужить пищей растениям. Даже там, где скала кажется голой, она обычно покрыта лишайниками, которые, прилипая к ней, получают часть питательных веществ из разложившегося материала, который они помогают удерживать на склоне. Сохранив тонкий слой *обломков*, мхи и мелкие цветковые растения помогают удерживать обломки. Вскоре кусты и деревья с сильными корнями завоевывают опору и, отправляя свои корешки, которые сначала маленькие, но быстро увеличиваются, в щели, ускоряют разрушение камней.

Если образование грунта продолжается на крутом утесе, количество отложений на склоне может быть небольшим, но у основания мы находим осыпь, состоящую из фрагментов, не удерживаемых растительностью, которая постепенно увеличивается по мере разрушения утеса, пока первоначальный обрыв не окажется полностью скрытым под почвенным откосом. Сначала этот процесс быстрый; постепенно он становится все медленнее и медленнее по мере того, как осыпь поднимается вверх по утесу и по мере того, как утес теряет свою крутизну, пока, наконец, место крутизны не займет пологий склон.

От самых высоких точек любой речной долины до уровня моря разрушенная горная порода, которую мы называем почвой, находится в процессе непрерывного движения. Повсюду дождевая вода, стекая по поверхности или впитываясь в пористую массу, уносит порции материала, который быстро превращается в раствор, в море. Повсюду расширение почвы при промерзании или перемещения, вызванные ростом корней, переворачиванием деревьев или бесчисленными рывками, которые животные проделывают в толще, происходят под действием силы тяжести, медленно действующей вниз по склону. Каждое незначительное возмущение зерен или фрагментов почвы, которое поднимает их вверх, приводит к тому, что при падении они опускаются немного ниже, к уровню моря.

Продвигаясь к ручьям, материалы почвы вовремя доставляются к этим текущим водам, и они быстро, хотя и с перерывами, выталкивают их в сторону океана.

В движении почв есть еще один элемент, который, хотя и менее заметен, все же имеет большое значение. Агенты гниения, которые производят и удаляют обломок, химические изменения породы пласта и механическое воздействие, которое корни оказывают на них, наряду с процессами растворения, постоянно понижают поверхность массы. В этом случае мы часто можем доказать, что почва конподряд существующих работал вниз через много тысяч футов слоев. В этом процессе опускания местность, на которой лежит слой, могла сильно изменить свою форму, но отложение при благоприятных условиях может продолжать сохранять некоторые следы материалов, которые оно извлекло из пластов, которые давно исчезли, поскольку их расположение находилось далеко вверху в пространствах, ныне занятых воздухом. Там, где склоны крутые и изобилуют ручьями, мы редко находим обломок, который находился в скальных породах на высоте более ста футов над нынешней поверхностью почвы. Однако там, где, как на тех изолированных плоскогорьях или холмах, которыми изобилуют определенные участки долины Миссисипи, а также во многих других странах, мы находим участок почвы, лежащий на почти ровной поверхности, которая в течение геологических эпох не испытывала воздействия ручьев, мы можем обнаружить смешанные в *обломках* более твердые обломки, образовавшиеся в результате распада тысяч футов или более исчезнувших пластов.

Когда мы рассматриваем влияние органической жизни на процессы, протекающие в почве, мы прежде всего отмечаем тот важный факт, что развитие всей наземной растительности зависит от существования этого детрита — одним словом, от медленного перемещения разлагающегося скального вещества из точки, где оно было разрушено, в область его покоя в морских глубинах. Растения получают пищу из части этих каменистых отходов, которые превращаются в раствор с помощью воды, проникающей в массу. Растениями питаются животные, и таким образом поддерживается это обширное скопление организмов. Наземная жизнь не только поддерживает себя на почве и многое отдает морю, но и различными способами защищает этот обломочный налет от слишком быстрого разрушения и улучшает его качество. Чтобы увидеть природу этой работы, нам следует посетить регион, где на склонах холмистой местности все еще растут первобытные леса. В теле такого дерева мы находим рядом с поверхностью слой разлагающихся растительных веществ, состоящий из опадающих листьев, коры, ветвей и стволов, которые постоянно опускаются на землю. Обычно этот слой имеет толщину в фут или больше; в верхней части он почти полностью состоит из растительных веществ; в нижней части он граничит с настоящей почвой. Важным эффектом этой разложившейся растительности является ограничение движения поверхностных вод. Даже во время самых сильных дождей, при условии, что масса не замерзла, вода забирается в нее и доставляется по типу родников к более крупным ручьям. Мы можем лучше оценить меру этого эффекта, наблюдая разницу в почве, покрытой этим первобытным лесом, и той, что мы находим поблизости, которая была преобразована в возделанные поля. При той же степени скорости течения отдельные русла ручьев на обработанной земле, вероятно, будут в двадцать-сто раз длиннее, чем на лесной подстилке. В результате получается, что

в то время как ручей, дренирующий лесную территорию, поддерживает относительно постоянный приток чистой воды, другой ручей, вытекающий из возделанной земли, течет только во время сильных дождей, а затем сильно наполняется грязью. В нетронутых почвенных условиях изнашивание пуховика происходит очень медленно; в искусственном состоянии это изнашивание происходит так быстро, что наклонные поля, вероятно, за несколько десятков лет опустятся ниже уровня почвы.

Не только естественный покров растительности, такой, какой создают наши леса по всей стране, защищает почву от размыва, но и корни более крупных растений постоянно работают различными способами, чтобы увеличить плодородие и глубину слоя. В виде тонких волоконцев эти подземные ответвления проникают в стыки и плоскости ложа породы, и там, разрастаясь, они разрушают материалы, придавая им большую поверхность, на которой может происходить разложение. Эти биты, поначалу значительного размера, в свою очередь разбиваются одним и тем же действием. Там, где подстилающие породы обеспечивают нас питательными веществами, ветви наших деревьев со стержневыми корнями иногда оказываются на десять футов или более ниже основания настоящей почвы. Таким образом, они не только дробят камни, но и питательные вещества, которые они получают в глубине, поднимаются и откладываются в частях, расположенных над землей, а также в корнях, которые лежат в настоящей почве, так что когда дерево умирает, оно становится доступным для других растений. Таким образом, в лесных условиях страны количество скального материала, вносимого в отложения в целом, настолько превышает то, которое уносится в реки подземными водами, что обеспечивает углубление почвенного слоя до такой степени, что только самые крепкие корни — те, что принадлежат нашим деревьям со стержневыми корнями, — могут проникнуть через него к породам дна.

Почти все леса время от времени посещают ветры, которые вырывают деревья с корнем. Когда они таким образом отрываются от земли, подземные ветви часто образуют диск, содержащий плотное нагромождение камней и земли и имеющий диаметр десять или пятнадцать футов. Автор часто наблюдал сотни кубических футов почвенного вещества, часть которого бралась с глубины ярда или больше и таким образом поднималась в воздух. На пути урагана или торнадо мы иногда можем обнаружить тысячи акров, подвергшихся такому грубому опрокидыванию — естественной вспашке. По мере того как корни гнивают, *обломки*, которые они удерживали, выпадают за пределы ямы, образуя таким образом небольшой бугорок по бокам ямы. Через некоторое время выталкивающее действие других корней и медленное движение почвы вниз по склону восстанавливают поверхность от бугристости до первоначальной гладкости; но во многих случаях натуралист, научившийся различать ногами, может заметить эти неровности еще долго после того, как они будут восстановлены вместе с лесом.

Как ни велико воздействие растений на почву, это влияние почти равно действию животных, которые имеют привычку проникать в землю, находя там временное пристанище. Количество этих наземных форм на удивление велико. Оно включает в себя, действительно, множество существ, которые являются эффективными агентами по обогащению земли. Виды дождевых червей, некоторые из которых обитают в лесных районах, а также на полях, имеют привычку пропускать почвенный материал через свои

тела, извлекая из массы столько питательных веществ, сколько в ней может содержаться. Таким образом, частицы минерального вещества измельчаются и в определенной степени подвергаются химическим изменениям в телах существ, и, таким образом, лучше приспособлены для получения растительной пищи. Иногда количество земли, которое эти существа поглощают, перемещаясь по своим норам и выбрасывая на поверхность, достаточно для того, чтобы ежегодно образовывать на поверхности земли слой глубиной в одну двадцатую дюйма или более. Таким образом, вполне может случиться, что почва на глубине двух или трех футов будет полностью разрушена в течение нескольких сотен лет. Поскольку частицы, которые пожирают эти существа, довольно малы, существует тенденция накапливать более мелкие участки почвы вблизи поверхности земли, где в виде раствора они могут способствовать удовлетворению потребностей низших растений. Вероятно, именно благодаря действию этих существ небольшие реликвии древних людей, такие как каменные орудия труда, обычно обнаруживаются погребенными на значительной глубине под землей и редко появляются на поверхности, за исключением тех случаев, когда она была подвергнута глубокой вспашке или действию текущих ручьев.

Наряду с дождевыми червями муравьи работают над переворачиванием почвы; часто они являются более эффективными из двух агентов. Обычные виды, хотя они и не образуют постоянных холмиков, по наблюдениям автора, ежегодно откладывают на поверхности до четверти дюйма песка и других мелких материалов, которые они поднимают со значительной глубины. Во многих регионах, особенно в тех, которые заняты ледниковым заносом и галечным наносом вдоль рек, результатом этого действия, подобно действию дождевых червей, является вынос на поверхность более мелких материалов, оставляя более крупную гальку на глубине. Таким образом, они изменили поверхностный характер почвы на огромных территориях; можно сказать, даже на значительной части земли, и это таким образом, который лучше подходит для удовлетворения потребностей диких растений, а также для использования фермером.

Многие тысячи видов насекомых, особенно более крупные жуки, имеют привычку переходить в личиночное состояние под землей. Здесь они обычно роют норы и, таким образом, в некотором роде роют почву. Поскольку многие из них умирают, не достигнув зрелости, их запасы органического вещества увеличиваются в общей массе и служат для питания растений. Если ученик внимательно изучит участок земли в его естественном или вспаханном состоянии, он будет удивлен, обнаружив, насколько многочисленны личинки. Их часто можно обнаружить в количестве десятка или более на каждый кубический фут материала. Многие виды, развивающиеся под землей, происходят из яиц, которые были тщательно упакованы в органическое вещество перед их отложением в земле. Так, некоторые жуки-падальщики имеют обыкновение откладывать свои яйца в тела мертвых птиц или полевых мышей, которые они затем закапывают на глубину нескольких дюймов в землю. Таким образом, почти все мелкие птицы и млекопитающие наших лесов исчезают из виду через несколько часов после того, как они мертвы. Другие виды делают шарики из навоза крупного рогатого скота, в которые они откладывают яйца, после чего перекатывают маленькие шарики, это может быть на сотни футов, в

камеры в почве, которые они предварительно подготовили. Таким образом, в землю вносится большое количество животного вещества, способствующего ее плодородию.

Многие из наших мелких млекопитающих имеют привычку устраивать себе жилища в почве. Некоторые из них, такие как кроты, обычно остаются в подземном царстве на всю свою жизнь. Другие используют раскопки как места уединения. В любом случае, эти раскопки служат для перемещения частиц почвы, а материалы, которые животные перетаскивают в землю, а также экскременты этих существ обогащают ее. Эта привычка добывать пищу под землей присуща не только млекопитающим; она свойственна муравьям, и даже дождевые черви, как отметил Чарльз Дарвин в своем замечательном эссе об этих существах, привыкли таскать в свои норы кусочки травы и тонкие листья сосен. Неизвестно, какой цели они достигают этими действиями, но это достаточно распространенное явление, чтобы в какой-то мере повлиять на состояние почвы.

Результатом этих сложных работ, выполняемых животными и растениями на почве, является то, что материал на значительную глубину постоянно снабжается органическим веществом, которое, наряду с минеральным материалом, составляет ту часть земли, которая может поддерживать растительность. Эксперимент легко покажет, что ни щебень, ни чистая растительная плесень сами по себе не помогут сохранить какую-либо растительность, кроме самой низкой. Это требует смешивания двух материалов, чтобы земля могла давать пищу для обычных растений, особенно для тех, которые полезны человеку в качестве сельскохозяйственных культур. По этой причине все отмеченные выше процессы, при которых отходы растительной и животной жизни уносятся под поверхность, имеют первостепенное значение для создания и сохранения почвы. Действительно, было обнаружено, что почти во всех случаях фермеру для поддержания плодородия своих полей необходимо вспахивать такие количества органических отходов. Поступая таким образом, он имитирует работу, которая производится на целине естественным путем. Поскольку этот процесс требует больших затрат времени и материалов, им часто пренебрегают или выполняют его несовершенно, в результате чего плодородие полей быстро снижается.

Способ воздействия захороненного органического вещества на почву еще до конца не изучен. Частично это достигается за счет материалов, которые при разложении он вносит в почву в состоянии, в котором они могут быть легко растворены и поглощены корнями в их соке; частично, однако, считается, что они улучшают условия, предоставляя места обитания для множества низших видов, таких как формы, известные как бактерии. Организмы, вероятно, способствуют разложению минеральных веществ и превращению азота, который в изобилии содержится в воздухе или почве, в нитраты калия и соды — вещества, которые имеют очень большую ценность в качестве удобрений. Некоторый эффект достигается за счет разложения инородного вещества, внесенного в почву, которое по мере удаления оставляет каналы, по которым легче проходит почвенная вода.

Безусловно, наиболее общий и важный эффект, возникающий в результате распада органического вещества в земле, заключается в углекислом газе, который образуется при соединении кислорода воздуха с углеродом, содержащимся во всех органических материалах. Как отмечалось ранее, заряженная таким образом вода значительно увеличивает свою способность поглощать другие вещества в раствор, и от этого действия растворителя во многом зависит разрушение пород слоя и растворение материалов, которые должны быть использованы растениями.

Обрисовав теперь в общих чертах условия, которые приводят к образованию почв, мы должны принять во внимание определенные важные различия в их условиях, обусловленные различиями в способах их формирования и сохранения. Эти вопросы представляют интерес не только для геолога, но и имеют первостепенное значение для жизни человечества, а также всех низших существ, населяющих эти земли. Во-первых, мы должны отметить, что почвы делятся на три большие группы, которые, хотя и не отделены резко друг от друга, достаточно своеобразны для целей классификации. Там, где земной материал получен из горных пород, которые почти или непосредственно лежат под ним, мы имеем группу почв, которые можно назвать почвами непосредственного происхождения, то есть полученными из близлежащих горных пород или из слоев, которые когда-то покрывали уровень и с тех пор подверглись разложению. Далее, у нас есть аллювиальные почвы, состоящие из материалов, которые были перенесены ручьями, обычно с большого расстояния, и отложились на их поймах. В-третьих, почвы, минеральные вещества которых были приведены в свое положение действием ледников; они в некотором роде напоминают почвы, образованные реками, но материалы, как правило, отсортированы несовершенно, крупное и мелкое вещество смешано вместе. Наконец, у нас есть почвы из-за скопления выдуваемой пыли или выдуваемого песка, которые, в отличие от других, занимают лишь небольшую часть поверхности земли. Действительно, можно было бы провести еще одно разделение, включающее те области, которые при выходе из моря были покрыты мелким, нецементированным детритом, готовым сразу же послужить почвой. Лишь кое-где, и то редко, мы находим почвы такой природы.

Для почв, принадлежащих к группе, которой мы дали название "почвы непосредственного происхождения", характерно, что они накапливались медленно, что они очень постепенно перемещаются вниз по склонам, на которых они лежат, и что во всех случаях они представляют собой, по крайней мере, часть своей массы, слои горных пород, которые исчезли из области, которую они занимали. Добавки, вносимые в их массу, поступают снизу, и эта масса постоянно уменьшается, обычно довольно быстрыми темпами, за счет минеральных веществ, которые растворяются и уносятся с родниковой водой. Они также характерно тонкие на крутых склонах, утолщаясь к основанию склона, где пониженный уклон позволяет почве медленно перемещаться и, следовательно, накапливаться.

В аллювиальных почвах мы находим скопления, которые характеризуются ростом на их верхних поверхностях и удаленным переносом материалов, из которых они состоят. В этих отложениях в результате вымывания удаляется огромное количество материалов, но до тех пор, пока наводнения время от времени достигают их поверхности, рост отложений продолжается. Этот рост редко происходит за счет отходов подстилающих

пород, на которых залегает аллювий. Для аллювиальных почв характерно то, что они обычно состоят из *обломков*, полученных с полей, где материалы претерпели изменения, которые мы отметили в последнем параграфе; следовательно, эти последние отложения повсюду имеют характер, который делает минеральные материалы легко растворяющимися. Более того, масса в процессе ее изготовления обычно смешивается с большим количеством органических отходов, что способствует ее плодородию. Исходя из этого, аллювиальные почвы, хотя и значительно различаются по плодородию, обычно представляют собой наиболее плодородные поля в любом регионе. Более того, у них есть важное преимущество, заключающееся в том, что они часто могут обновляться, позволяя паводковым водам посещать их, что, если бы не вмешательство человека, обычно происходит один раз в год. Так, в долине Нила есть поля, которые дают богатые урожаи зерна, вероятно, более четырех тысяч лет, без какого-либо другого эффективного удобрения, кроме того, которое получают из ила великой реки.

Группа оледеневших почв во многом отличается от любой из упомянутых. В нем мы обнаруживаем, что минеральное вещество дробилось, транспортировалось и накапливалось без влияния тех условий, которые обычно служат для смешивания *обломков* породы с органическим веществом в процессе его дробления на куски. Когда растительность заняла поля, опустошенные действием ледников, в большинстве мест было обнаружено более чем достаточно материала для образования почв, но большая часть вещества находилась в состоянии гальки из очень твердых пород и песчинок, фрагментов *silex*. К счастью, разрушенное состояние этого материала, подвергающее большую поверхность скалистого вещества разложению, позволило растениям преобразовать часть массы в землю, пригодную для использования их корнями. Но поскольку время, прошедшее с момента исчезновения ледников, намного меньше времени, затраченного на образование обычной почвы, это разложение в большинстве случаев еще не зашло слишком далеко, так что в кубическом футе оледеневших отходов количество материала, доступного для растений, часто составляет лишь часть того, что содержится в почвах непосредственного происхождения.

На большей части полей, занятых ледниковыми отходами, процессы, приводящие к внесению органических веществ в землю, зашли недостаточно далеко, чтобы наладить эффективную работу огромной лаборатории, которая должна функционировать для получения плодородной почвы. Галька препятствует проникновению корней, а также перемещению насекомых и других животных. У поваленных деревьев не было достаточно времени, чтобы вызвать определенную примесь растительных веществ с почвой — одним словом, процесс образования почвы, хотя первое условие, условие дробления породы, было выполнено, пока еще очень неполон. Действительно, для его завершения требуется тщательное внесение органических веществ.

Для ледниковых почв характерно то, что они имеют неограниченную глубину залегания. Это часто является недостатком по той причине, что почвенная вода может проникать так глубоко в землю, что корни часто лишаются необходимой им влаги, которая в обычных почвах удерживается вблизи поверхности твердым нижележащим слоем. С другой стороны, там, где ледниковые отходы состоят из гальки, образованной из горных пород различного химического состава, которые содержат значительную долю извести, поташа,

соды и других веществ, необходимых растениям, очень большая поверхность, которую они подвергают гниению, обеспечивает постоянное обогащение почвы. В кубическом футе галечной ледниковой почвы мы часто обнаруживаем, что эта масса обеспечивает в несколько сотен раз больше поверхности для разложения, чем подстилающая твердая порода, из которой почва непосредственного происхождения должна получать минеральные ресурсы. Там, где галечные ледниковые отходы содержат смесь растительных веществ, процесс гниения обычно протекает со значительной скоростью. Если запас такого вещества велик, например, при вспашке навоза со скотного двора или зеленых культур, питательная ценность земли может быть доведена до очень высокой точки.

В регионах, где существуют ледниковые почвы, хорошо известно, что земля под болотами при осушении оказывается чрезвычайно хорошо пригодной для сельскохозяйственных целей. Осматривая гальку из таких мест, мы замечаем, что она заметно разложилась. Там, где масса содержит большое количество полевого шпата, как это имеет место в большей части наших гранитных и других кристаллических пород, этот материал при разложении превращается в каолин или полевошпатовую глину и придает камням своеобразный белый вид, который свидетельствует о разложении и указывает на процесс, посредством которого большое разнообразие ценных ингредиентов почвы приводятся в состояние, при котором они могут быть доступны для растений.

В определенных частях ледниковых областей, особенно в регионе у границы ледяного щита, где ледник оставался на одном месте в течение значительного времени, мы находим обширные отложения кремнистого песка, образовавшегося из материалов, которые оседали из подледного потока, недалеко от того места, где они вытекали из ледниковой пещеры. Эти камы и песчаные равнины из-за кремнистой природы их материалов и очень пористой природы почвы, которую они образуют, обычно стерильны или, самое большее, приносят пользу земледельцу при чрезмерной осторожности. Так, в Массачусетсе, хотя первые поселенцы захватили эти земли и основали на них свои деревни, потому что леса там были скудными, а почва свободной от нагромождения валунов, они вскоре были вынуждены переселиться в те районы, где отложения были менее кремнистыми и где галька давала большую долю глины. Очень обширные поля такой песчаной природы на юго-востоке Новой Англии никогда не подвергались обработке. Так, на острове Мартас-Винъярд есть прилегающая территория площадью около тридцати тысяч акров, которая находится в очень благоприятном положении для обработки почвы, но была признана практически непригодной для такого использования. Фермеры сочли более выгодным убирать валуны из более грубого сугроба, чтобы получить почву, которая принесла бы им справедливую прибыль.

Те участки, которые заняты почвенными материалами, перенесенными на свое место действием ветра, по своему характеру могут быть разделены на две совершенно разные группы — дюны и лессовые отложения. В первой группе, где, как мы отмечали (см. стр. [123](#)), крупный морской песок или песок с берегов озер выносится вперед в виде марширующего холмика, зерна материала почти всегда содержат кремнезем. Осколки при движении не поднимаются в воздух, а разносятся по поверхности. Такие скопления дюн образуют почву, которая еще более стерильна, чем почва ледниковых песчаных равнин,

где обычно присутствует определенная примесь гальки из горных пород, которая в результате своего разложения может давать некоторые элементы плодородия. К счастью для интересов человека, эти переносимые ветром пески занимают лишь небольшую площадь; в Северной Америке в совокупности, вероятно, насчитывается не более тысячи квадратных миль таких отложений.

Там, где скальный материал, переносимый ветрами, настолько мелкий, что может подниматься в воздух в виде пыли, образовавшиеся из него скопления обычно образуют плодородную почву, и это по той причине, что они состоят из различных видов горных пород, а не из почти чистого кремнезема, как в случае с дюнами. В некоторых очень редких случаях, когда морской берег окаймлен коралловыми рифами, как это происходит в некоторых частях южной Флориды, а берег состоит из кусочков известняка, полученных из твердых частей, которые выделяют полипы, небольшие дюны состоят из известкового материала. Однако отчасти из-за относительно тяжелой природы этого вещества, а также из-за того, что его зерна быстро сцементируются друг с другом, такие известняковые дюны никогда не достигают больших размеров и не удаляются на какое-либо расстояние от места своего возникновения.

Как отмечалось ранее, скопления пыли образуют почву на обширных территориях, расположенных с подветренной стороны великих пустынь. Таким образом, значительная часть западного Китая и большая часть Соединенных Штатов к западу от Миссисипи покрыты этими продуваемыми ветрами землями. Везде, где выпадает значительное количество осадков, эти лессовые отложения доказали свою высокую сельскохозяйственную ценность.

Там, где в регионе есть земля, недавно поднявшаяся со дна моря или большого озера, поверхность обычно покрыта бессвязным детритом, который избежал консолидации в твердую породу благодаря тому факту, что он не был захоронен и, таким образом, перенесен в лабораторию земной коры. Когда такая область становится сухой землей, материалы немедленно готовы войти в состояние почвы. Они обычно содержат большое количество отходов, полученных от органической жизни, которая обитала на морском дне и была внедрена в слои по мере их формирования. Там, где эти скопления образуются в озере, наземная растительность сразу же овладевает полем, и для ее создания достаточно даже одного года. Там, где суша выходит из моря, требуется несколько лет, чтобы соленая вода стек, и земля стала пригодной для выращивания растений. В целом эти почвы морского дна напоминают те, что образуются на аллювиальных равнинах. Однако они обычно более песчаные, и в их вещества меньше проникает то разложение, которое очень свободно происходит в атмосфере из-за обильного поступления кислорода и лишь медленно - на морском дне. Более того, морские отложения, как правило, состоят в значительной степени из кремнистого песка - материала, который образуется в больших количествах при разрушении горных пород вдоль морского побережья. Самое большое месторождение этих почв на дне океана в Северной Америке находится в низменном регионе юга Соединенных Штатов, широком поясе страны, простирающемся вдоль побережья от Рио-Гранде до Нью-Йорка. Хотя ручьи образовали неглубокие долины в руслах этого региона, большая часть его поверхности все еще имеет особые черты формы и состава, которые запечатлелись на ней, когда она находилась под поверхностью моря.

Местные различия в характере почвенного покрова чрезвычайно многочисленны, и эти различия условий глубоко влияют на состояние человека. Поэтому мы рассмотрим некоторые из наиболее важных из этих условий, уделяя особое внимание их происхождению.

Наиболее важным и отчетливо выраженным изменением плодородия почв является то, которое вызвано различиями в количестве осадков. Ни в одной части земли нет полного недостатка в дождях, но на значительных территориях количество осадков не превышает полуметра в год. В таких областях почва стерильна, а естественный покров растительности ограничен теми растениями, которые могут питаться росой или которые могут время от времени пускаться в рост, когда на них может попасть влага. При небольшом увеличении количества осадков продуктивность почвы быстро возрастает, так что мы можем сказать, что там, где в течение летней половины года в землю попадает около десяти дюймов воды, она в значительной степени становится пригодной для сельского хозяйства. Наблюдения показывают, что условия плодородия не соблюдаются там, где осадков достаточно только для заполнения пор почвы; должно быть достаточно воды, поступающей в землю, чтобы вызвать определенный отток в виде родников. Причина такой необходимости становится очевидной, когда мы изучаем очевидные особенности тех почв, которые, хотя и насыщаются водой из сезона в сезон, не дают источников, а уносят влагу через атмосферу. Везде, где возникают такие условия, мы наблюдаем, что почва в засушливые сезоны покрывается отложениями минеральных веществ, которые из-за своего вкуса получили название щелочей. Происхождение этого покрытия следующее: поры почвы, из года в год наполняемые достаточным для их заполнения количеством воды, накапливаются жидкостью, содержащей очень большое количество растворенных минеральных веществ — действительно, слишком много, чтобы позволить корням растений, за исключением нескольких видов, которые привыкли к этим условиям, выполнять назначенную им работу. На самом деле, эта вода во многом похожа на морскую, которую могут переносить корни лишь немногих наших высших растений. Когда наступает сухой сезон, солнечное тепло испаряет воду с поверхности, оставляя после себя слой, состоящий из веществ, содержащихся в воде. Почва под ним действует подобно фитилю лампы, впитывая жидкость так же быстро, как тепло выжигает ее. Когда почвенная влага, насколько это возможно, исчерпана, щелочной слой может представлять значительную часть растворимых веществ почвы, и в следующий сезон дождей он может вернуться полностью или частично в подземный слой, чтобы снова быть вытянутым ранее описанным способом на верхний уровень. Поэтому только тогда, когда значительная доля грунтовых вод поступает в ручьи каждый год, количество щелочных материалов снижается до такой степени, что корни наших растений, дающих урожай, могут должным образом использовать почву. Там, где в засушливом регионе землю можно поливать из постоянных ручьев или искусственных водоемов, основное преимущество, вытекающее из этого процесса, обычно заключается в контроле, который он дает фермеру в отношении количества почвенной влаги. Он может увеличить количество осадков, достаточное для удаления избытка минеральных веществ. Когда такие почвы впервые подвергаются обработке, необходимо использовать большое количество воды из каналов, чтобы смыть старые запасы щелочи. После этого сравнительно небольшой вклад часто позволяет поддерживать почву в отличном

состоянии для ведения сельского хозяйства. Однако на орошаемых землях вдоль Нила было обнаружено, что там, где при орошении практикуется чрезмерная экономия, щелочной налет появляется там, где его раньше не было, а вместе с ним и непригодность земли для выращивания сельскохозяйственных культур.

Хотя кора минеральных веществ, образованная описанным выше способом, характерна для засушливых стран и в целом свойственна им, аналогичные отложения могут при особых условиях образовываться в регионах с большим количеством осадков. Так, на восточном побережье Новой Англии, где приливные болота кое-где были затоплены морем и перенесены под обработку, растворенные минеральные вещества почвы, которых в избытке, вытягиваются на поверхность, образуя покрытие, по существу подобное тому, которое так часто встречается в засушливых регионах. Автор наблюдал эту корку на таких насыпных землях, имеющую толщину в одну восьмую дюйма. На самом деле, это щелочное покрытие представляет собой всего лишь экстремальное действие процесса, который происходит во всех почвах и который в значительной степени способствует их плодородию. Когда выпадает дождь и проникает в землю, он переносит растворимые вещества на глубину под поверхность, часто за пределы того места, где наши обычные культурные растения, такие как мелкие злаки, могут иметь к ним доступ, и это по той причине, что их корни не проникают глубоко. Когда наступает сухая погода и происходит испарение с поверхности, жидкость всасывается в верхний слой почвы и там в процессе испарения откладывает содержащиеся в ней растворенные вещества. Таким образом, минеральное вещество, пригодное для растительной пищи, постоянно находится в движении, и при его движении проходят корешки растений. Вероятно, именно по этой причине — по крайней мере частично — очень влажная погода почти так же неблагоприятна для фермера, как и чрезмерно сухая, поскольку нормальное чередование условий, как хорошо известно, наилучшим образом соответствует его потребностям.

До тех пор, пока земля подвергается воздействию условий, при которых осадки могут вызывать переменное количество воды в поверхностном слое обломочных пород, мы находим нормальные плодородные почвы, хотя в их более засушливых условиях они могут быть пригодны лишь для нескольких видов растений. Когда из-за усиления засушливости мы переходим к условиям, при которых в *обломках* нет сносно постоянного запаса воды, материал перестает обладать качествами почвы и становится просто горными отходами. На другом конце шкалы мы переходим к условиям, при которых вода устойчиво удерживается в щелях детрита, и там снова характеристики почвы и ее пригодность для использования наземной растительностью также исчезают. Одним словом, настоящие почвенные условия требуют наличия влаги, но в недостаточных количествах, чтобы постоянно заполнять поры земли; там, где они заполнены таким образом, мы имеем состояние болот. Между этими крайними значениями уровень, на котором вода находится в почве в средние сезоны, постоянно меняется. В дождливую погоду она может подниматься совсем к поверхности; в засушливый сезон она может опускаться далеко вниз. Когда эта вода поднимается и опускается, она не только перемещает, как отмечалось ранее, растворимые минеральные материалы, но и втягивает воздух внутрь и вытесняет его из земли с каждым движением. Эта атмосферная

циркуляция почвы, как было доказано экспериментом, имеет большое значение для поддержания ее плодородия; последовательные подачи воздуха удовлетворяют потребности микроскопических подземных существ, которые играют большую роль в обогащении почвы, и прямое влияние кислорода на развитие гниения также значительно. Часть работы, которая выполняется путем переворачивания земли при обработке почвы, состоит в этом введении воздуха в поры почвы, где он способствует процессам, которые приводят минеральные вещества в раствор.



Горное ущелье, Гималаи, Индия. Обратите внимание на разницу в наклоне эродированных пород и влиянии эрозии на них; также на осыпные склоны у основания скал, которые срезает поток. Слева от переднего плана есть небольшая скамейка, на которой видна недавняя более высокая линия воды.

В первоначальных условиях любой страны, где выпадает значительное количество осадков, и где речная система развита не настолько, чтобы обеспечить каналы для быстрого выхода вод, мы обычно находим очень обширные болота; эти условия плохого дренажа почти неизменно существуют там, где регион недавно был поднят над уровнем моря и все еще сохраняет форму неправильной холмистой равнины, характерной для морского дна, а также в регионах, где работа ледников нарушила дренаж, который могли образовать предшествующие ручьи. В старой, хорошо развитой речной системе болота обычно отсутствуют, а если и возникают, то из-за локальных аварий незначительного характера.

Для нашей цели болота можно разделить на три группы — верховые болота, озерные болота и морские топи. Первые две из этих групп зависят от движения дождевой воды по суше; третья - от действия приливов. Начиная наш рассказ с первой и наиболее исключительной из этих групп, мы отмечаем следующие особенности в их интересной истории:

Везде, где во влажном регионе, на пологом склоне — скажем, с уклоном не более десяти футов на милю — почва покрыта какими-либо видами растений, стебли которых растут близко друг к другу, так что из их разложившихся частей образуется губчатая масса, мы имеем условия, благоприятствующие развитию выющихся болот. Начинаясь обычно на берегах водоема, эти растения, обязательно влаголюбивого вида, сохраняют так много влаги в губчатой массе, которую они образуют, что постепенно распространяются вверх по склону. Расширяя таким образом границы своего поля и в то же время утолщая отложения, которые они образуют, эти растения могут образовывать на поверхности выющееся болото до тех пор, пока не будут достигнуты крутизны, при которых наклон настолько велик, что губчатая масса не сможет удержать необходимое количество воды, или где, даже при таком удержании, все покрытие со временем соскользнет вниз подобно лавине.

Большая часть выющихся болот мира ограничена влажными и прохладными регионами высоких широт, где в изобилии произрастают виды мхов, относящиеся к роду *сфагнум*. Эти растения могут расти только там, где их корни постоянно снабжаются водой. Они развиваются на озерных болотах вплоть до юга Мексики, но в выющейся форме их с трудом можно проследить к югу от Новой Англии, и нигде они широко не развиты в пределах Соединенных Штатов. В более северных частях этого континента и в северо-западной Европе, особенно во влажном климате Ирландии, выющиеся болота занимают большие площади и удерживают свои озера с промежуточной водой на склонах холмов, где поверхность поднимается со скоростью тридцать футов или более на милю. До тех пор, пока отложение гнилых растительных остатков, накопившихся таким образом, является тонким, следовательно, повсюду пронизанным волокнистыми корнями мха, оно может продолжать прилипать к своему наклонному ложу; но когда оно достигает значительной толщины и корни в нижней части разлагаются, мясистая масса, насыщенная водой во время сильных дождей, вырывается огромным потоком густой черной грязи, которая может затопить нижние земли, вызывая повсеместные разрушения.

В более южных странах другие влаголюбивые растения приводят к образованию выющихся болот. Из них наиболее распространенными и эффективными являются виды тростника, знакомым примером которых является наш индийский тростник. Заросли этой растительности, обильно смешанные с другими видами водной растительности, образуют те замечательные выющиеся болота, известные как Дисмал и другие болота, которые во множестве встречаются вдоль береговой линии Соединенных Штатов от южного Мэриленда до восточного Техаса. Выющиеся болота особенно интересны не только из-за того факта, что они представляют собой в высшей степени своеобразный результат роста растений, но и потому, что они дают нам яркую картину тех древних болот, в которых росли растения, образовавшие грядки растительного сырья, ныне находящегося в состоянии угля. Каждое такое ложе погребенного болотного материала, за редкими исключениями, накапливалось в озерах, собранных на выющихся болотах, подобных описанным нами.

Озерные болота встречаются во всех частях света, но в своем наилучшем развитии ограничены относительно высокими широтами, и это по той причине, что растения,

образующие растительную массу, наиболее пышно растут в прохладном климате и в регионах, где уровень бассейна подвержен меньшим колебаниям, чем это происходит при чередовании влажных и сухих сезонов, которые существуют почти во всех тропических регионах. Наиболее подходящие условия находятся в ледниковых регионах, где, как уже отмечалось ранее, небольших озер обычно очень много. На берегах одного из этих водоемов, размер которого не настолько велик, чтобы волны могли достигать значительной высоты, или в защищенной бухте более крупного озера, различные водные растения, особенно разновидности прудовых лилий, пускают корни на дне и распускают свои распутившиеся листья по поверхности воды. Эти растения с гибкими листьями и упругими стеблями могут переносить волны, достигающие высоты не более одного-двух футов, и благодаря трению, которое они создают, волны на берегу очень незначительны. В спокойной воде камыш пускает корни и еще больше защищает берег, так что очень нежная растительность из мхов, такая как *сфагнум*, может закрепиться на берегу.

Как только *сфагновый* коврик начинает расти, прочность, придаваемая переплетенными волокнами, позволяет ему отрываться от берега и плавать по воде. Таким образом, оно может быстро увеличиваться, если не разрушаться волнами, так что его фронт вдается в озеро со скоростью нескольких дюймов в год. По мере роста наружу масса уплотняется, так что нижняя часть массы постепенно опускается ко дну чаши. В то же время нижняя часть слоя, разлагаясь, осыпает дно озера дождем мягкой торфяной грязи. Таким образом, разрастаясь по его краю, углубляясь и способствуя росту со дна, несколько столетий могут полностью заполнить глубокую впадину торфянистыми отложениями. Однако в целом поверхность болота закрывается над озером до того, как скопление полностью заполнит прибрежные участки местности. В этих условиях мы имеем то, что широко известно как трясущееся болото, которое может раскачиваться вверх-вниз человеком, который быстро наклоняется и поднимается, стоя на поверхности. В этом состоянии жесткого и толстого листа растущих растений достаточно, чтобы выдержать значительный вес, но он настолько эластичен, что нижележащая вода может образовывать волны. Задолго до того, как болото полностью заполнит озеро торфянистыми отложениями, на его поверхности, как правило, происходит рост деревьев, что часто сокращает площадь до вида очень ровного влажного леса.

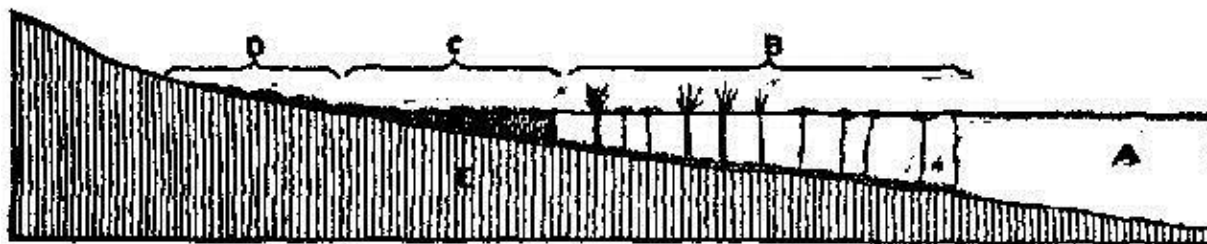


Рис. 17.

Схема, показывающая начало торфяного болота: A, озеро; B, лилии и камыш; C, озерное болото; D, вьющееся болото.

Альпинистские и озерные болота в Соединенных Штатах занимают общую площадь более пятидесяти тысяч квадратных миль. Во всей Северной Америке общая площадь, вероятно, более чем в два раза больше. Подобные отложения чрезвычайно распространены на Евразийском континенте и в южной Патагонии. Вполне вероятно, что общая площадь этих месторождений в разных частях света превышает полмиллиона квадратных миль.

Эти две группы пресноводных болот представляют интерес по той причине, что, будучи сведены к возделыванию путем осушения и последующего удаления избытка торфянистого вещества путем сжигания или естественного разложения, они представляют собой очень богатую почву. Таким образом, самые плодородные поля северной Европы, особенно в Великобритании и Ирландии, были завоеваны для обработки. В первые века нашей эры большая часть Англии — возможно, до десятой части ныне возделываемой в этой стране земли — была занята этими землями, которые сохраняли воду в таком количестве, что делали их непригодными для обработки, причем большая часть этой территории находилась в состоянии тонкого ползущего болота. На протяжении многих веков большая часть энергии народа была направлена на освоение этих ценных земель. Эта задача по отвоеванию болотистых земель для сельского хозяйства была выполнена в Англии более полно, чем где-либо еще, но она далеко продвинулась на европейском континенте, особенно в Германии. В Соединенных Штатах из-за того, что земли были дешевыми, мало что из этой работы по осушению болот до сих пор выполнено. Вполне вероятно, что следующее большое поле для улучшения, которое будут возделывать предприимчивые люди, будет найдено на этих чрезмерно влажных землях, откуда можно добыть продовольственные ресурсы для поддержки многих миллионов людей.

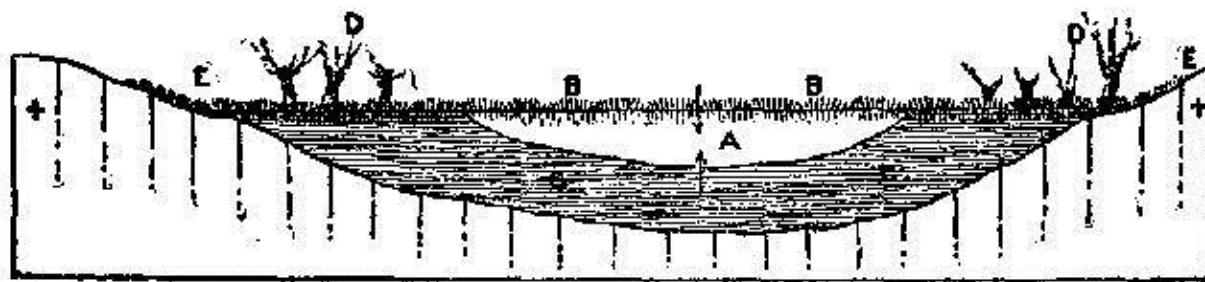


Рис. 18.

Схема, показывающая развитие болота: А — остатки озера; Б - поверхностный рост; в - торф.

Группа морских болот отличается во многих важных отношениях от тех, которые образуются в пресной воде. Там, где прилив достигает какой-либо береговой линии, и в защищенных местах вдоль этого берега ряд растений, в основном относящихся к группе трав, видов, которые привыкли к тому, что их корни омываются соленой водой, начинают формировать губчатый мат, который напоминает тот, что состоит из *сфагнома*, только он гораздо более твердый. Этот мат морских болот вскоре достигает толщины в фут или более, верхняя или растущая поверхность находится в таком положении, что ее покрывают на два-три часа при каждом приливе. Быстро разрастаясь вширь от берега и обладая прочностью, позволяющей ему сносно эффективно противостоять волнам высотой не более двух-трех футов, это скопление прижимается носом к морю. В определенной степени волны подрывают переднюю часть листа и разбивают его массы, которые они распределяют по неглубокому дну ниже уровня, на котором могут расти эти растения. В этой более глубокой воде также постоянно развиваются другие морские животные и растения, и их останки добавляются к скоплениям, которые постоянно мелеют, что позволяет еще больше расширить ровное, более высокое болото. Этот процесс продолжается до тех пор, пока рост не зайдет настолько далеко, насколько позволит размывающее действие приливных течений. В конце концов, залив, изначально

представлявший собой широко открытую воду, становится таким только во время прилива. Большую часть времени он выглядит как обширные саванны, чья яркая зелень придает им вид редкого плодородия.

Из-за условий их произрастания отложения, образующиеся на морских болотах, не содержат отчетливо выраженного торфа, ближайшим подобием которого является переплетение проволочных корней, покрывающих верхнюю часть скопления или около того. Большая часть массы состоит из мелкого ила, приносимого потоками наземных вод, впадающих в бассейн, и останками животных, обитавших на дне или между стеблями растений, населяющих поверхность болот. Эти промежутки служат прекрасным убежищем для множества мелких морских форм. В результате приливные болота, а также низменные илистые равнины, которые были заняты зарослями растительности, представляют собой превосходную землю для обработки. Однако, к сожалению, есть два недостатка, связанных с выкупом таких земель. Во-первых, необходимо исключить море из этого района, что может быть достигнуто только с помощью значительных инженерных работ; во-вторых, исключение прилива неизбежно приводит к заиливанию прохода, по которому вода попадала в море. Поскольку эти отверстия часто используются для строительства гаваней, последствия их разрушения часто довольно серьезны. Тем не менее, в некоторых частях света таким образом у моря были отвоеваны очень обширные и плодородные участки земли; большая часть Голландии и прибрежных районов северной Европы состоят из полей, которые первоначально были покрыты приливом. Действительно, вблизи устья Рейна люди нашли эти почвы на морском дне настолько полезными, что они вышли за пределы зоны болот и осушили значительные моря, которые в древности были постоянно покрыты даже на самом низком уровне вод.

На побережье Северной Америки морские болота имеют обширное развитие и сильно различаются по характеру. В заливе Фанди, где высота приливов достигает пятидесяти футов и более, энергия их течений такова, что болотная подстилка образуется редко. Его место, однако, занимают обширные и постоянно меняющиеся илистые равнины, материалы которых разносятся туда-сюда движущимися водами. Жители этого региона овладели особым искусством, с помощью которого они отвоевывают у моря обширные участки превосходной земли. Выбрав участок отмели, поверхность которого была занесена на расстояние нескольких футов от прилива, они огораживают его прочным барьером или дамбой, в которой есть отверстия для свободного впуска приливных вод. Попадая в этот бассейн, прилив, движущийся со значительной скоростью, приносит большое количество наносов. В бассейне, когда движение прекращается, этот осадок опускается на дно и служит для повышения его уровня. Через несколько месяцев слой наносов приближается к плоскости приливного движения, затем ворота закрываются время от времени, когда прилив достигает половины своей высоты, так что земля внутри дамбы не подвергается воздействию морской воды и может быть обработана.

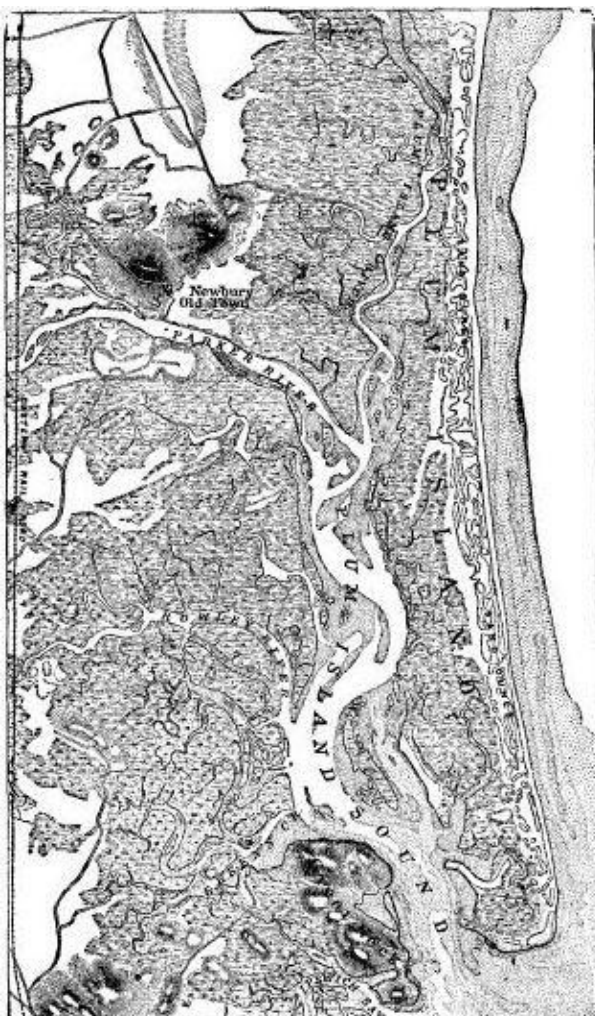


Рис. 19. Карта Ипсвичских болот, Массачусетс, образовавшихся за барьерным пляжем.

(Примечание переводчика: нажмите на изображение, чтобы получить полноразмерную версию карты.)

Вдоль побережья Новой Англии обычные морские болота получают широкое развитие в виде саванн с широкой травой. В этом аспекте, хотя и со значительным изменением растительности, которую они несут, окраина саванн продолжается на юг вдоль побережья до северной Флориды. В районе устья реки Саванна, названном так из-за обширных приливных болот, эти месторождения достигают наибольшего развития. Однако в центральной и южной Флориде, где морское побережье превосходно подходит для их развития, эти прибрежные болота травянистого типа исчезают, их место занимают своеобразные трясины, образовавшиеся в результате роста мангровых деревьев.

В мангровых болотах дерево, давшее этим районам их название, покрывает все поля, которые посещает прилив. Это дерево растет, его крона держится на похожих на ходули корнях, на уровне выше уровня прилива. От его горизонтальных ветвей отходят корни, которые уходят вниз, в воду, а оттуда на дно. Семена мангровых деревьев превосходно подобраны таким образом, чтобы растение могло закрепиться на илистых отмелях, даже там, где во время отлива они покрываются водой глубиной в два-три фута. Они достигают

нескольких дюймов в длину и расположены букетиками на нижних концах; плавая у самого дна, они таким образом цепляются за него и через несколько недель роста выталкивают побег до уровня воды, создавая таким образом основу для новой плантации. Таким образом, распространяя старые леса до мелководья заливов и образуя новые колонии везде, где вода не слишком глубока, эти растения быстро занимают все области, которые в другом месте выглядели бы как саванны.

Приливные болота Северной Америки, которые со временем могут быть приспособлены для использования человеком, вероятно, занимают площадь, превышающую двадцать тысяч квадратных миль. Если работа по отвоеванию таких земель у моря когда-либо достигнет в этой стране такого прогресса, какого она достигла в Голландии, площадь, добавленная к суше инженерными устройствами, может составить целых пятьдесят тысяч квадратных миль - территория, несколько превышающая поверхность Кентукки, и с урожайностью, по крайней мере, в пять раз превышающей ту, которую обеспечивает этот плодородный штат. На самом деле, эти завоевания с моря в будущем станут одними из великих дел, которые привлекут энергию человечества. В засушливом регионе Кордильер, а также во многих других странах почва, хотя и лишена тех качеств, которые делают ее пригодной для использования человеком, из-за отсутствия воды в достаточном количестве, по своей структуре и глубине, а также по содержанию минеральных веществ превосходно подходит для нужд сельского хозяйства. Развитие почв в пустынных регионах почти во всех случаях объясняется тем, что раньше на территориях, которые они занимают, выпадало гораздо больше осадков, чем сейчас. Таким образом, в стране Скалистых гор, когда образовались глубокие почвы обширных долин, озера, как мы уже отмечали ранее, больше не были мертвыми морями, как это обычно бывает в настоящее время, но изливались в море огромными потоками. Здесь, как и везде, мы находим свидетельства того, что определенные участки земли, на которых недавно выпало много осадков, теперь испытывают голод из-за нехватки этих запасов. Все почвы засушливых регионов, где проводились испытания, оказались очень плодородными при орошении, которое часто может быть достигнуто за счет накопления воды в течение короткого сезона дождей или отвода вод рек, впадающих в пустыни, с хорошо орошаемых горных полей. На самом деле, почва этих засушливых областей приносит земледельцу особенно обильную прибыль из-за определенных условий, связанных с чрезмерной сухостью воздуха. Это приводит к отсутствию пасмурной погоды, так что с момента посадки семян рост стимулируется непрерывным и интенсивным солнечным светом. Та же сухость воздуха приводит, как мы видели, к быстрому испарению с поверхности, в результате чего, как отмечалось ранее, растворенные минеральные вещества переносятся ближе к верхнему слою почвы, где они могут наилучшим образом послужить большей части наших культурных растений. Исходя из этих соображений, акр орошаемой почвы может приносить гораздо большую отдачу, чем земля аналогичного химического состава во влажных регионах.

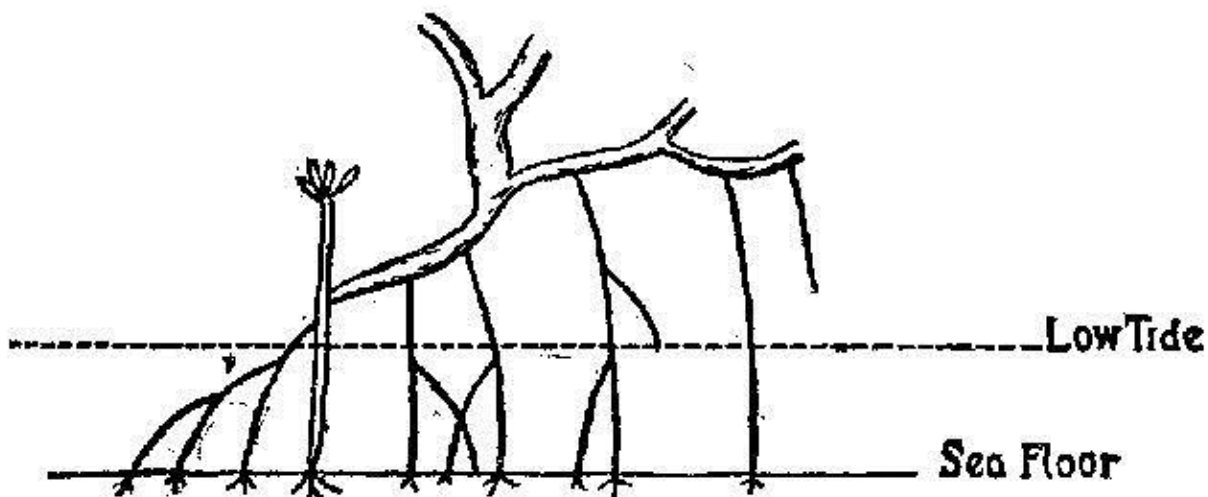


Рис.

20.Схема, показывающая режим роста мангровых зарослей.

Во многих частях света, особенно в северной и западной частях долины Миссисипи, широко распространены районы, которые, хотя и умеренно хорошо орошались, в своем девственном состоянии были почти лишены лесов. В районе прерий первые поселенцы обнаружили, что местность безлесна, за исключением берегов ручьев. Однако на границах настоящих прерий они обнаружили значительные участки земли, преимущественно покрытые лесом, с кое-где видневшимися участками прерий. К югу от Огайо было несколько таких открытых полей, хотя местность там в основном покрыта лесами; одна из таких прерий, в округе Грин-Ривер, штат Кентукки, занимала площадь в несколько тысячквadratных миль песка. Сначала предполагалось, что отсутствие деревьев на открытой местности долины Миссисипи связано с какими-то особенностями почвы, но опыт показывает, что плантации пышно разрастаются и что древесина будет быстро распространяться естественным путем. На самом деле, если бы семенам деревьев, посаженных с момента заселения страны, было позволено развиваться так, как они стремятся, прошло бы всего несколько столетий, прежде чем регион был бы покрыт лесами настолько далеко на запад, насколько это позволяли дожди для развития растений. Вероятно, леса доходили примерно до сотого меридиана.

По мнению автора, безлесный характер западных равнин в основном объясняется привычкой наших индейцев каждый год сжигать траву низкого сорта, чтобы крупная дичь могла получить лучшие пастбища. Всем тем, кому приходилось иметь дело со скотом на полях, находящихся в естественном состоянии, хорошо известен факт, что огонь улучшает пастбища. Начав использовать этот метод сжигания в засушливых регионах к западу от первоначальных лесов, естественное действие пожара заключалось в постепенном уничтожении этих лесов. Хотя старые и более крупные деревья из-за их толстой коры и высоты листвы над землей избежали уничтожения, все более мелкие и молодые представители этого вида постоянно подвергались уничтожению. Таким образом, когда старые деревья умерли, они не оставили преемственности, и местность приобрела свой степной характер. То, что прерии образовались таким образом, по-видимому, подтверждается имеющимися у нас свидетельствами относительно ранее упомянутой открытой местности, существовавшей в западном Кентукки. Говорят, что

вокруг лишенных леса полей была широкая полоса старых, опаленных пожаром деревьев, без подлеска под их ветвями, и что когда они умерли, никакая крупная растительность не заняла их места. Когда индейцы, устроившие эти пожары, были изгнаны, как это было в последнем десятилетии прошлого века, страна сразу же начала восстанавливать свое лесное состояние. С окраины и из каждой внутренней точки, где сохранились деревья, их семена распространились так, что, прежде чем вся открытая земля была обработана плугом, во многих местах пришлось расчистить густую поросль молодых лесообразующих деревьев.

Почвы, образующиеся на лавах и пеплах вокруг действующего вулкана, представляют собой интересные объекты для изучения по той причине, что они показывают, насколько развитие слоя, поддерживающего растительность, может зависеть от характера пород, из которых она образована. Там, где материалы, выброшенные вулканом, находятся в дождливом районе, процесс разложения, превращающий породу в почву, обычно протекает очень быстро, и нескольких лет воздействия погодных условий достаточно, чтобы вызвать образование плодородной почвы. Это связано с тем фактом, что большинство лав, а также так называемый вулканический пепел, состоящий из того же материала, что и лавы, только разнесенный на куски, состоят из различных минералов, большинство из которых легко подвергаются воздействию агентов разложения. Однако время от времени мы находим материалы, выброшенные каким-либо конкретным вулканом, или даже лаву и пепел одного извержения в таком химическом состоянии, что на них чрезвычайно медленно образуется почва.

Из приведенных выше неполных соображений становится ясно, что почвенный покров земли является результатом очень тонких изменений, которые определяют скорость, с которой разрушенные породы находят свой путь от их первоначального ложа к морю. О замечательном способе управления этим перемещением свидетельствует тот факт, что почти везде мы находим почвенный покров, достаточно глубокий для использования разнообразной растительности, но редко достигающий в среднем более дюжины футов в глубину. Лишь кое-где обнажены скалы или земля покрыта глубокими отложениями. Это указывает на то, насколько устойчивым и размеренным является продвижение скальных отходов с холмов к морю. К несчастью, человек, когда в силу своих потребностей он вынужден возделывать землю, вынужден нарушать этот древний и совершенный порядок. Он должен содрать живую оболочку с земли, заменив ее выращиванием тех видов, которые служат его потребностям. Те растения, которые наиболее полезны — которые, действительно, незаменимы в высшей цивилизации, зерновые — требуют для своего возделывания, чтобы земля была обнажена и сильно перемешана в сезон дождей и, таким образом, подвергалась наиболее разрушительному воздействию дождевых осадков. В результате почти на всех зерновых полях скорость разрушения почвы значительно превышает ту, с которой происходит накопление. Действительно, мы можем сказать, что, за исключением аллювиальных равнин, где почва растет за счет затопленных надстроек на ее верхней поверхности, ни одно поле, вспаханное зерновыми

культурами, не может без особой осторожности оставаться пригодным для использования в течение столетия. Даже при том, что земледелец возвращает земле все химические вещества, которые он забирает со своими посевами, потеря почвы в результате смыва ее веществ в ручей неизбежно приведет к стерильности региона.

Не будет преувеличением сказать, что величайшее несчастье, с которым в значительной степени пришлось столкнуться человеку в его сельском хозяйстве, проистекает из этого особого стресса, который зерновые культуры оказывают на почву. Если бы эти злаки росли на многолетних растениях подобно нашим более крупным плодам, проблема отношения человека к почве была бы намного проще, чем в настоящее время. Тогда ему, возможно, удалось бы возделывать землю, не навлекая на нее тех неизбежных разрушений, которые он сейчас наносит. Как бы то ни было, он должен признать, что его потребности ставят под угрозу этот древний и драгоценный элемент в структуре земли, и он должен приложить все возможные усилия, чтобы свести к минимуму ущерб, который он приносит. Этого результата он может достичь определенными простыми способами.

Во-первых, что касается плодородия почвы в отличие от толщины покрытия, можно сказать, что современные открытия позволяют нам увидеть способы, с помощью которых мы можем в течение неопределенного периода времени избегать порчи нашего великого наследия - земли, дающей пищу. Теперь нам известны в различных частях света обширные и практически неисчерпаемые залежи, откуда могут быть получены фосфорные удобрения, поташ, сода и т.д., которые мы извлекаем из почвы при выращивании наших культур. Мы также узнали, каким образом материалы, содержащиеся в наших сточных водах, могут быть извлечены из моря и возвращены на поля. Фактически, недавние достижения в сельском хозяйстве позволили не только легко, но и в большинстве случаев выгодно избежать этой напрасной траты материалов, которая довела столь многие регионы до нищеты. Мы можем с уверенностью ожидать того недалекого времени, когда прежнее прогрессирующее ухудшение плодородия почвенного покрова больше не будет происходить. Иначе обстоит дело с массой почвы, этой массой из смеси разложившихся горных пород и растительного вещества, которая должна обладать определенной толщиной, чтобы удовлетворять ее потребностям. До сих пор не было предпринято значительных мер по прекращению процессов, которые приводят к разрушению этой земляной массы. Во всех странах, где широко распространена обработка почвы, реки несут с собой все, что они могут унести из почвы. Так, в долине По, регионе, где, если бы почва была покрыта лесом, оседание поверхности, вероятно, происходило бы со скоростью не более одного фута в пять тысяч лет, река уносит почвенный обломок так быстро, что в настоящее время оседание происходит со скоростью один фут в восемьсот лет, и каждое десятилетие почва исчезает со склонов холмов, которые когда-то были плодородными, но теперь превратились в голые камни. Путешественник отмечает обширные регионы Средиземноморья, которые когда-то были покрыты пышными лесами, а впоследствии стали очагами процветающего сельского хозяйства, где почва полностью исчезла, остались только голые скалы, которые не смогли восстановить свой естественный покров за тысячи лет принудительного залеживания.

В пределах Соединенных Штатов деградация почвы из-за особых условий страны происходит во многих округах с поразительной быстротой. У нашего народа вошло в

привычку — привычка, которой способствуют обширные плодородные и легко приобретаемые приграничные земли, — безрассудно обрабатывать свои фермы до тех пор, пока поля не истощатся, а затем бросать их ради новой земли. Из-за неглубокой вспашки на крутых склонах холмов, из-за пренебрежения к началу тех оврагов, которые образуются в таких местах, в холмистой местности на востоке Соединенных Штатов легко смыть почву в течение двадцати лет после уничтожения защитных лесов. Автор подсчитал, что в штатах к югу от рек Огайо и Джеймс более восьми тысяч квадратных миль первоначально плодородной земли из-за небрежения были приведены в состояние, при котором на ней больше не будет никаких урожаев, и более полутора тысяч миль этой территории были настолько изношены до подпочв или скальных пород, что, возможно, никогда не будет выгодно снова использовать ее в сельском хозяйстве.

До сих пор в нашем американском сельском хозяйстве наш народ был в значительной степени первопроходцем; они были вынуждены отвоевывать то, что могли, самым дешевым способом и с помощью самых грубых орудий труда, и без особого оглядки на будущее тех, кому в последующих поколениях предстояло занять поля, отвоеванные ими у дикой природы и дикарей. Опасность сейчас заключается в том, что эта безрассудная обработка почвы, в некотором смысле оправданная издревле, может быть продолжена и стать привычной для нашего народа. Действительно, это уже укоренившаяся привычка во многих частях страны, особенно на Юге, где мелкий фермер рассчитывает истощить две или три плантации в течение своей естественной жизни. Многие из них умудряются за полвека непрерывного труда разорить от одной до двухсот акров земли. Эта система заслуживает порицания всех добропорядочных граждан; действительно, было бы хорошо, если бы это было возможно сделать, искоренить ее с помощью закона. Тот же принцип, который запрещает мужчине сжигать свой собственный жилой дом, может быть справедливо применен и для того, чтобы удержать его от уничтожения земли, которую он возделывает.

Есть несколько простых принципов, которые при правильном применении могут послужить исправлению этого неправильного использования нашей американской земли. Осторожный земледелец должен помнить, что все почвы, какие бы они ни были, лежат на склонах, имеющих уклон более одного фута на тридцать, неизбежно и быстро истощаются при обработке плугом. Этот инструмент имеет тенденцию размазывать и уплотнять слой земли, по которому проходит его пятка, так что на глубине нескольких дюймов под поверхностью образуется слой, достаточно непроницаемый для воды. В результате пористая часть отложения становится чрезмерно насыщенной водой во время сильных дождей и быстро стекает по склону холма. Все такие крутые склоны следует оставить в их лесистом состоянии или, если они будут введены в эксплуатацию, использовать в качестве пастбищных угодий.

Там, где, как это часто бывает на фермах в холмистых странах, все поля имеют крутой уклон, отличной мерой предосторожности является оставить верхнюю часть склона покрытой лесом. В таких условиях уменьшается не только избыточный приток поверхностных вод, но и влага, стекающая по склону из лесистой местности, как правило, поддерживает нижележащие поля в лучшем состоянии для обработки, способствует

разложению подстилающих пород и, таким образом, увеличивает объем и богатство земли.

На тех почвах, которые необходимо обрабатывать, даже там, где они имеют тенденцию к размыву, цель должна заключаться в том, чтобы держать детрит открытым на такой глубине, чтобы он мог впитывать как можно больше осадков, отводя воду в ручьи через родники. Эта цель, как правило, может быть достигнута глубокой вспашкой; почти во всех случаях она может быть достигнута за счет недостаточного дренажа. Эффект от проникновения воды заключается не только в уменьшении поверхностного износа, но и в поддержании процесса разрушения грунта и подстилающих пород, в результате которого обломочный покров естественным образом обновляется. Там, где, как во многих частях страны, размыв почвы иным способом остановить невозможно, ход разрушения можно замедлить, образовав при умелом использовании плуга канавы с небольшим уклоном, ведущие вдоль склонов холмов к естественным водотокам. Одним из наиболее удовлетворительных признаков улучшения, которое в настоящее время происходит в сельском хозяйстве хлопководческих штатов этой страны, является быстрое расширение использования упомянутой здесь системы канав. Эта система в сочетании со вспашкой таким образом, что земля при каждом переворачивании выбрасывается в гору, значительно уменьшит разрушительное воздействие осадков на поля с крутым расположением. Но единственная эффективная защита, однако, достигается путем тщательного террасирования склонов, так что вспаханная земля ложится ровными уступами. Этой системе широко следуют в густонаселенных частях Европы, но, возможно, пройдет столетие, прежде чем она получит широкое распространение в этой стране.

Обязанности земледельца по отношению к земле, с которой он имеет дело, можно кратко резюмировать: он должен рассматривать себя как агента, неизбежно вмешивающегося в процессы, которые естественным образом формируют и сохраняют почву. Он должен понимать, что его работа сопряжена с двумя рисками; он может уменьшить накопление обломочного материала, вынимая растительную пищу быстрее, чем она подготовлена к употреблению. Этот вредный результат может быть в любое время исправлен при надлежащем использовании навоза. Однако это не так с другой формой разрушения, которая приводит к фактическому удалению почвенных материалов. Там, где пренебрежение привело к этой катастрофе, ее можно устранить, только оставив территорию восстанавливаться под медленно формирующимся лесным покровом. Для завершения этого процесса почти во всех случаях требуется много тысяч лет. Человек, сотворивший такое разрушение, причинил вред наследию жизни.

ГЛАВА IX.

СКАЛЫ И ИХ ПОРЯДОК.

В предыдущих главах этой книги внимание изучающего было направлено главным образом на действие тех природных сил, которые действуют на поверхности земли. Попутно рассматривались последствия, возникающие в результате применения энергии во внешней части планеты, но главной целью было показать работу, которую солнечная энергия, действующая в форме тепла, выполняет на землях. Теперь мы должны рассмотреть один из величайших результатов этих действий, который проявляется в последовательных слоях, составляющих земную кору.

Наиболее примечательный эффект, возникающий в результате действия солнечных сил на землю и их сотрудничества с теми, которые возникают в нашей сфере, проявляется в разрушении пластов или других отложений горных пород и перемещении материалов на дно водных бассейнов, где они снова собираются в пласты и постепенно снова приводятся в стабильное состояние внутри земли. Эта работа выполняется водой в ее различных состояниях, причем на ее действие непосредственно влияет гравитация. В форме пара вода, скопившаяся в горных породах и вулканически вытесненная напряжением из-за тепла, которое она приобрела на больших глубинах под поверхностью, выбрасывает большое количество лавы, которая способствует образованию пластов либо непосредственно в твердой форме, либо косвенно, после растворения в море. Действуя как волны, вода, движимая солнечной энергией, передаваемой ей ветрами, бьется о берега, снося большое количество горных пород, которые уносятся на соседнее морское дно, чтобы там вновь принять слоистую форму. Движущийся лед в ледниках, вода, снова применяющая солнечную энергию, придаваемую ей высотой над уровнем моря, наиболее эффективно измельчает приподнятые участки земной коры, при этом *обломки* доставляются в океан. Во время дождя выполняется та же работа, и даже при ветре сила солнца служит для шлифования высокогорных скал, создавая новые слои из их обломков.

Поскольку гравитация участвует как элемент во всех движениях расколотой породы, отходы, выносимые с суши, имеют тенденцию скапливаться на дне бассейнов, содержащих воду. Редко и лишь в незначительной степени этот процесс приводит к накоплению озерных отложений; большая часть работ выполняется на морском дне. Когда слои образуются в бассейнах озер, они могут накапливаться в любом из двух очень разнообразных условий. Они могут образовываться в так называемых мертвых морях, и в этом случае количество обломочных материалов обычно невелико по той причине, что выпадающие потоки незначительны; в таких бассейнах обычно присутствует большая доля соленых материалов, которые откладываются в результате испарения воды. В обычных озерах отложения образуются в основном за счет наносов, которые приносят реки. Эти материалы обычно мелкозернистые, а песок или галька, которые они содержат, обильно смешаны с глиной. Следовательно, озерные отложения обычно имеют глинистую природу. Поскольку органическая жизнь, такая как выделяющий известняк, редко развита в какой-либо степени в бассейнах озер, известковые слои очень редко образуются под этими участками воды. Там, где они происходят, они обычно происходят из-за того,

что реки, насыщенные известковым веществом, ввозят такое количество вещества, что оно осаждается на дне.

Поскольку озерные отложения обычно образуются в бассейнах выше уровня моря, и поскольку дренажные каналы бассейнов всегда сокращаются, результатом является то, что такие слои остаются на значительной высоте над уровнем моря, где эрозионные агенты могут легко воздействовать на них. Вследствие этого редко встречаются озерные русла большой древности; обычно они исчезают вскоре после образования. Там, где они сохранились, их долговечность обычно объясняется тем фактом, что регион, который они занимают, был погружен под воду и покрыт морскими слоями.

Великой лабораторией, в которой накапливаются осадочные отложения, областью, в которой залегают по меньшей мере девяносто девять из ста частей этих материалов, является океаническая часть земли. На дне морей и океанов мы имеем дело не только с регионом, где происходит большая часть осадконакопления, но и с регионом, в котором работа приобретает наибольшее разнообразие. Морское дно в том, что касается отложений, образующихся на нем, естественным образом разделено на две области — ту, в которой *обломки* суши составляют важную часть наносов, и другую, где удаленность берегов лишает наносы наземных отходов или, по крайней мере, достаточного количества этого материала в любой такой доле, которая может повлиять на характер отложений.

То, что мы можем назвать прибрежной зоной моря, занимает пояс преимущественно мелководья, ширина которого варьируется от нескольких десятков до нескольких сотен миль. Там, где дно круто отходит от берега, где нет сильных прибрежных течений и где регион находится недалеко от устья крупной реки, которая несет в море большой прилив наносов, наземные отходы могут воздействовать на дно не более чем в миле или двух от берега. Там, где эти условия противоположны, *обломки* покрытого воздухом региона могут быть обнаружены в трехстах или четырехстах милях от береговой линии. Следует также отметить, что непрерывающиеся подъемы и опускания суши приводят к постоянному изменению положения береговой линии и, следовательно, к расширению осадочных пород в течение нескольких геологических периодов на гораздо более обширном участке морского дна, чем то, которого они достигли бы, если бы берега оставались устойчивыми.

Характерно для отложений, отложенных под влиянием континентального детрита, что они очень сильно различаются по своему действию, и что это изменение происходит не только по горизонтали вдоль берегов в одном и том же слое, но и по вертикали, в последовательности слоев. Его также можно проследить вниз по склону от береговой линии до глубокой воды. Таким образом, там, где весь *мусор* образуется под действием волн, отложения, образующиеся у берега снаружи, будут состоять из крупных материалов, таких как галька у берега, песка в более глубоком и удаленном участке и более мелкого ила в той части отложения, которая находится дальше всего от берега. С каждым изменением уровня береговой линии положение этих поясов обязательно будет меняться. Там, где большая река впадает в море, изменения объема наносов, которые она время от времени выбрасывает, вместе с изменением положения места ее впадения

привели к большим местным сложностям в пластах. Более того, мутная вода, выносимая потоком, может, как в случае с приливом из Амазонки, разноситься на сотни миль вдоль береговой линии или в открытое море.

Наиболее важные изменения, которые происходят в отложениях прибрежной зоны, вызваны образованием горных пород, более или менее состоящих из известняка. Повсюду море, по сравнению с озерными водами, удивительно богато органической жизнью. Рядом с берегом, отчасти из-за того, что вода там неглубокая, но также из-за ее относительной теплоты и степени ее подвижности, органическая жизнь, как животная, так и растительная, обычно развивается очень пышным образом. Только там, где дно состоит из дрейфующих песков, которые не дают возможности закрепиться тем видам, которые нуждаются в отдыхе на берегу, мы не можем обнаружить эту поверхность, густо населенную разнообразными формами. Они расположены в соответствии с глубиной дна. Виды морских растений, прикрепленных к неподвижным объектам, ограничены глубиной, в пределах которой солнечный свет эффективно проникает в воду; в целом можно сказать, что они не простираются ниже глубины в сто футов. Формы животных распределены по дну в соответствии со своими видами, но лишь немногие виды способны выдерживать сколь-нибудь значительные перепады давления морской воды. Действительно, лишь немногие формы простираются от отлива до глубины тысячи футов.

Наибольший уровень развития органической жизни, область, в которой встречается наибольшее количество видов и где их рост происходит наиболее быстрыми темпами, находится примерно в ста футах от уровня отлива. Здесь солнечный свет, тепло и движение в воде в сочетании способствуют органическому развитию. Именно в этом регионе в наибольшем количестве встречаются коралловые рифы и другие крупные скопления известняка, образовавшиеся из скелетов полипов и моллюсков. Эти известковые отложения зависят от очень тонкого регулирования условий, благоприятствующих росту определенных существ; очень незначительные географические изменения, вызывающие перемещение песка или ила, способны прервать их образование, вызывая значительные и немедленные изменения в характере отложений. Таким образом, там, где геологи находят значительные залежи горных пород, где известняки перемежаются с песчаниками и залежами глины, они вправе предположить, что пласты были заложены вблизи какого-то древнего берега. В целом, эти прибрежные отложения становятся все более и более известковыми по мере приближения к тропическим районам, и это по той причине, что виды, выделяющие большое количество извести, встречаются в этих регионах наиболее часто и достигают наиболее быстрого роста. Каменистые полипы, самые энергичные из производителей известняка, растут в больших количествах только в тропическом царстве или поблизости от него, где океанские потоки большой теплоты могут обеспечить этим существам температурные условия и пищу, в которых они нуждаются.

По мере того, как мы переходим от берега к более глубокому морю, доля наземного мусора быстро уменьшается, пока, как уже отмечалось, на расстоянии пятисот миль от

береговой линии очень небольшая часть этого мусора, за исключением тех, что образуются в результате извержения вулканов, не достигает дна моря. Гораздо большая часть вклада в формирование этих глубоководных слоев поступает от органических остатков, которые постоянно оседают на морское дно. Частично эти отходы образуются от существ, обитающих на дне; однако в значительной степени они образуются из мертвых тел тех форм, которые обитают у поверхности моря и которые, умирая, медленно опускаются через промежуточное царство на дно.

Из-за отсутствия солнечного света, преимущественно холодной воды глубоководных морей и отсутствия растительности в этих областях рост органических форм на глубоководном дне происходит относительно медленно. Таким образом, случается, что каждая ракушка или другой вклад в осадок некоторое время лежит на дне, прежде чем ее закопают. Находясь в таком состоянии, он склонен быть съеден некоторыми из многих видов, обитающих на дне и питающихся останками животных и растений, которые они там находят. Во всех случаях окаменение любой формы зависит от накопления отложений до того, как их настигнут процессы разрушения, и среди этих процессов мы должны отдать первое место существам, которые питаются раковинами, костями или другими веществами подобной природы, попадающими на дно океана. В абсолютной темноте, стоячей воде и сильном холоде глубоководных морей животные находят трудные условия для развития. Более того, в этом глубоководном царстве нет местной растительности, и, в целом, лишь небольшое количество материала такого рода опускается на дно с поверхности моря. В результате животным приходится питаться останками других животных, которые на каком-то этапе преемственности получили свой корм из растений, произрастающих на поверхности или на мелководье моря. Такое ограничение запасов пищи превращает морские глубины в царство постоянного голода, регион, где каждая частица органического вещества может быть схвачена каким-нибудь нуждающимся существом.

Вследствие того факта, что небольшое количество органического вещества на более глубоких слоях морского дна не подвергается поглощению, большая часть материала этой природы, попадающего в пласты, переходит в это состояние в мелкодисперсном состоянии. Только в группе червей — формах, которые в большом разнообразии видов населяют морское дно, — мы находим существ, специально приспособленных к перевариванию *обломков*, которые собираются на морском дне. Блуждая по этой поверхности, во многом подобно нашим обычным дождевым червям, эти существа пожирают грязь, выводя вещество из своих тел в еще более совершенной разделенной форме. Отсюда следует, что пласты известняка, столь часто образующиеся под открытым морем, обычно состоят из материалов, в которых обнаруживается лишь небольшое количество и очень несовершенных окаменелостей. Изучая любую серию известняковых пластов, мы обычно обнаруживаем, что каждый слой в большей или меньшей степени состоит из довольно массивных материалов, которые, очевидно, пришли на их место в виде известкового ила. Очень часто эта известь кристаллизуется и, таким образом, теряет все следы своей первоначальной органической структуры.

Одной из бросающихся в глаза особенностей, которые можно наблюдать в любой последовательности залежей известняка, являются расхождения или деления на слои,

которые встречаются с различной частотой. Иногда на вертикальных интервалах не более одного-двух дюймов, опять же с интервалами в десятки футов, мы находим разделительные плоскости, которые указывают на внезапное изменение процесса образования породы. Известь исчезает, и на ее месте остается тонкий слой очень мелкого детрита, который приобретает форму глины. Внимательно изучая эти участки, мы замечаем, что на верхней поверхности известняка удивительно хорошо сохранились останки животного, обитавшего на древнем морском дне, очевидно, они избежали воздействия процесса, который превратил их предков, останки которых составляют этот слой, в грязь. Кроме того, мы отмечаем, что глинистый слой не только лишен извести, но и обычно не содержит следов животных, которые могли бы обитать на дне. Окаменелости, которые он содержит, обычно принадлежат к видам, которые плавали в вышележащих водах и опустились на дно после смерти. Проследивая слой сланца, мы замечаем, что обычная донная жизнь постепенно появляется вновь и вскоре становится настолько обильной, что отложение вновь приобретает тот характер, который оно имело до начала прерывания. Однако часто мы замечаем, что совокупность видов, обитавших на данном участке морского дна, претерпела значительные изменения. Формы, существующие в нижнем слое, могут отсутствовать в верхнем, их место занимают новые разновидности.

До сих пор происхождение этих разделительных плоскостей в морских отложениях привлекало мало внимания геологов; они, действительно, предположили, что каждое из этих изменений указывает на какое-то внезапное нарушение жизни морского дна. Однако они, как правило, предполагали, что это изменение было вызвано изменениями глубины моря или течением океанских течений. Автору, однако, кажется, что, хотя эти различия в определенных случаях могут быть вызваны вышеупомянутыми и, действительно, большим разнообразием причин, в целом их лучше всего объяснить действием землетрясений. Вода - чрезвычайно эластичное вещество, и землетрясение проходит через нее с гораздо большей скоростью, чем через скалы, поддерживающие океанское дно. В результате, когда жидкость и твердое вещество колеблются при повторяющихся колебаниях, вызываемых ударом, они движутся не вместе, а трутся друг о друга, при независимых движениях колебания составляют от нескольких дюймов до фута или двух при ударах значительной энергии.

Когда морское дно и вышележащие слои воды, вибрируя под действием толчка землетрясения, перемещаются друг мимо друга, неизбежным результатом является образование мутной воды; очень мелкий ил дна встряхивается в жидкость, которая затем опускается в виде слоя в свое первоначальное положение. Хорошо известно, что такое замутнение воды, в которой обитают виды, привыкшие к другим условиям, неизбежно приводит к их гибели, закрывая их органы дыхания и иным образом нарушая тонко сбалансированные условия, которые позволяют им существовать. Фактически, мы обнаруживаем, что большинство обитателей воды, особенно формы, обитающие на дне, снабжены множеством приспособлений, которые позволяют им счищать со своего тела такие небольшие количества ила, которые могут причинить им неудобства. Так, в случае с нашим обычным моллюском органы дыхания покрыты вибрирующими ресничками, которые, действуя подобно метлам, сметают любые посторонние вещества, которые

могут попасть на их поверхность. Более того, у этого существа есть длинный, двойной, похожий на носик орган, который оно может приподнимать на некоторое расстояние над дном, через который оно втягивает и выпускает воду, из которой оно получает пищу и воздух. У других форм, таких как криноиды или морские лилии, дыхательные органы расположены на верхушках высоких стеблей удивительной конструкции, благодаря чему эти жизненно важные органы находятся на уровне, может быть, трех или четырех футов над зоной ила. Вследствие особого способа произрастания криноидеи часто избегают повреждений, наносимых нарушением дна, и, таким образом, образуют известняковые пласты замечательной толщины; иногда, действительно, мы находим эти слои, состоящие в основном из криноидальных остатков, которые обнаруживают лишь незначительные следы расслоений, подобных описанным нами, будучи по существу объединенными на глубине десяти или двадцати футов. Там, где слои были в основном скоплены моллюсками, их средняя толщина составляет менее полуметра.

Когда мы исследуем перегородки между слоями известняка, мы обычно обнаруживаем, что, какими бы тонкими они ни были, обычно они простираются на неопределенное расстояние во всех направлениях. Автор проследил за некоторыми из них на протяжении многих миль; на самом деле он так и не смог найти, куда они исчезли. Этот факт ясно показывает, что разрушения, имевшие место на стадии формирования этих частей, были широко распространены; поскольку они были вызваны землетрясениями, мы можем справедливо полагать, что во многих случаях они происходили на территориях, которые должны были измеряться десятками тысяч квадратных миль. Действительно, из того, что мы знаем о землетрясениях, представляется вероятным, что временами разрушения могли затрагивать миллионы квадратных миль.

Другой класс аварий, связанных с землетрясениями, также может внезапно взбаламутить ил на морском дне. Когда, как отмечалось в другом месте, подземный толчок возникает, результатом является внезапный подъем воды над очагом толчка и прилегающими к нему областями на высоту нескольких футов. Это возвышение быстро принимает форму кольцеобразной волны, которая откатывается во всех направлениях от своей исходной точки. Там, где море глубокое, воздействие этой волны на дно может быть лишь незначительным; но по мере того, как волна достигает более мелкой воды и пропорционально обмелению, передняя часть волны замедляется в своем продвижении из-за трения о дно, в то время как задняя часть, находясь в более глубокой воде, давит на наступающую линию. Действие - это именно то, что было описано как происходящее при волнах, создаваемых ветром, когда они приближаются к пляжу; но в этой последней названной группе волн из-за большой ширины волны эффект обмеления очевиден в гораздо более глубоких водоемах. Вполне вероятно, что на глубине тысячи футов прохождение одной из этих огромных волн, порожденных землетрясениями, может настолько взбаламутить ил морского дна, что приведет к повсеместному уничтожению жизни и, таким образом, приведет к возникновению многих перегородок между слоями.

Если мы исследуем под микроскопом мелкозернистый ил, из которого состоят глинистые слои между известняками, мы обнаружим, что материалы в основном неорганического происхождения. Трудно проследить происхождение минералов, которые в нем содержатся; некоторые фрагменты, вероятно, имеют вулканическое происхождение;

другие - частицы пыли от метеоритов; и все же другие - пыль, принесенная с суши, которая, как мы знаем, может переноситься на любое расстояние по морям. В смеси с этим осадком неорганического происхождения мы почти неизменно находим долю органических отходов, полученных не от существ, обитавших на дне, а от тех, которые населяли воды, расположенные выше. Если теперь мы возьмем часть слоя известняка, которая лежит выше или ниже сланцевой перегородки, и тщательно растворим кислотами известковое вещество, которое в ней содержится, мы получим остаток, который по общему характеру, за исключением того, что частицы могли подвергнуться воздействию кислоты, в точности подобен материалу, образующему глиноподобную перегородку. Таким образом, мы легко приходим к выводу, что на дно более глубоких морей постоянно опускается в виде очень медленного ливня масса минерального детрита. Там, где органическая жизнь, принадлежащая к видам, выделяющим твердые раковины или скелеты, отсутствует, это накопление, протекающее чрезвычайно медленно, постепенно накапливает слои, которые приобретают глинистый характер. Там, где в изобилии встречаются животные, добывающие известняк, они настолько увеличивают скорость осаждения, что доля минерального материала в растущих слоях очень сильно уменьшается; действительно, она может составлять всего один процент от массы. В этом случае мы можем сказать, что залежи известняка росли в сто раз быстрее, чем промежуточные пласты сланца.

Из вышеизложенных соображений становится достаточно ясно, что морское дно состоит из двух различных классов отложений — отложений минерального и отложений органического происхождения. Вдоль берегов преобладают минеральные, или неорганические, материалы. Их количество постепенно уменьшается по направлению к открытому морю, где снабжение в основном зависит от веществ, выбрасываемых вулканами, от пемзы в ее массивной или измельченной форме, то есть вулканической пыли, состояния лавы, в котором материал из-за содержащихся в нем пузырьков может плавать веками, прежде чем осядет на морское дно. Изменения в составе вулканических отходов, образовавших морское дно, могут в некоторой степени влиять на количество неорганических отложений, но в целом падение этих фрагментов, вероятно, происходит с исключительно равномерной скоростью. Иначе обстоит дело с вкладом отложений, образующихся из органических форм. Этот показатель варьируется в удивительной степени. На коралловых рифах, таких, какие образуются в середине мирового океана, доля вещества, которое не накапливалось в телах животных и растений, может составлять всего одну десятую процента или меньше. В более глубоких морях сомнительно, чтобы скорость роста животных была такой, чтобы позволить образоваться каким-либо слоям, менее половины массы которых состоит из материалов, попавших в воду.

В определенных районах открытых морей верхняя часть воды населена множеством существ, в основном фораминиферами, которые добывают известняк из воды и, умирая, отправляют свои раковины на дно. Таким образом, в Северной Атлантике, даже там, где морское дно находится на большой глубине под поверхностью, постоянно накапливается масса известкового вещества, которое образует очень массивные известняковые пласты, чем-то напоминающие отложения мела, которые в изобилии встречаются в Великобритании, в соседних частях Европы, в Техасе и других местах. Скопления,

подобные этому, где питание осуществляется с поверхности воды, не подвержены влиянию аварий, которые разделяют слои, образованные на дне ранее описанным способом. Следовательно, они могут иметь исключительно непрерывный характер, который мы отмечаем в английском мелу, где при толщине в сотни футов у нас может не быть явных перегородок, за исключением определенных участков, которые, очевидно, возникли задолго до образования пластов.

Мы уже отмечали тот факт, что, хотя на дне более глубоких морей, по-видимому, отсутствуют горные возвышенности, возникающие в результате складчатости пластов, они в изобилии усеяны вулканическими конусами. Поэтому мы можем предположить, что в целом отложения, образовавшиеся на морском дне, в значительной степени подвержены влиянию материалов, выбрасываемых этими жерлами. Потоки лавы и ливни представляют собой лишь часть выбросов вулканов, которые в конце концов находят свой путь ко дну. В большей части выбрасываемые материалы, вероятно, сначала растворяются в воде, а затем поглощаются органическими видами; только после смерти этих существ отходы уходят на дно. Поскольку хозяева этих существ не имеют твердого скелета, который мог бы внести свой вклад в формирование морского дна, те минеральные вещества, которые они могут добыть, после их смерти сразу же возвращаются в море.

Количество органических отложений не только уменьшается с увеличением глубины, но и более глубокие участки дна океана, по-видимому, находятся в состоянии, при котором такого рода скопления не образуются, и это по той причине, что вода растворяет органические вещества быстрее, чем они откладываются. Таким образом, вместо известняка, который образовался бы в противном случае, мы имеем только глиноподобный остаток, такой, какой получается при растворении известковых пород в кислотах. Этот процесс растворения, при котором известковое вещество, отложившееся на дне, забирается обратно в воду, происходит повсеместно, но со скоростью, которая увеличивается с увеличением глубины. Это увеличение частично связано с увеличением давления, а частично с увеличением доли углекислого газа, который содержится в воде на больших глубинах. В результате исследования с помощью земснаряда, по-видимому, указывают на то, что на определенных участках более глубокого морского дна горные породы подвергаются процессу растворения, сравнимому с тем, который происходит в известняковых пещерах. Работа с растворителем настолько значительна, что большая часть неорганических отходов, по-видимому, поглощается водой, так что дно остается практически без отложений осадка. Одним словом, море, по-видимому, разъедает скалы, которые оно образовало до того, как впадина достигла своей нынешней большой глубины.

Здесь следует отметить кое-что из условий, определяющих запасы пищи, которую добывают морские животные. Прежде всего, мы можем вернуться к тому, что океанские воды, по-видимому, содержат что-то из всех земных материалов, которые нелегко разлагаются, когда их переводят в растворенное состояние. Эти минеральные вещества, включая металлы, частично добываются с суши под действием дождевой воды и волн, но, возможно, в большей степени из вулканического вещества, которое в виде плавучей лавы, пемзы или пыли в изобилии доставляется в море. За исключением сомнительных случаев,

и самое большое в очень малых количествах, этот химический запас морской воды не может быть непосредственно усвоен организмами животных; он может быть только немедленно усвоен морскими растениями. Эти формы могут развиваться только в той поверхностной области морей, которая пронизана солнечным светом, или, скажем, на глубине пятисот футов, в основном в пределах ста футов от поверхности, примерно в одной тридцатой от средней и примерно в одной пятидесятой от максимальной глубины океана. От этой морской растительности и, в небольшой степени, от растительных веществ, добываемых на суше, морские животные в первую очередь зависят в плане своего происхождения. Из-за условий, которые приводят к образованию *саргассовых* морей, тех областей океана, где морские водоросли растут на плаву, а также из-за заболачивания и утяжеления других растительных остатков, некоторая часть растительных остатков переносится на морское дно, даже на большие глубины; но основная зависимость глубоководных форм животных заключается в других формах животных, которые сами, возможно, получали свои запасы от других. На самом деле, у любой глубоководной формы мы могли бы обнаружить необходимость отследить источник пищи на тысячи шагов назад, прежде чем найдем существо, имевшее доступ к растительной материи. Легко видеть, как такие условия глубоко ограничивают развитие органических существ в безднах океана.

Оседлые животные, или те, которые прикреплены к морскому дну — группа, включающая большую часть морских видов, — вынуждены зависеть в своем пропитании от движения воды, проходящей мимо их места обитания. Если бы моря были совершенно спокойны, ни одно из этих существ, за исключением самых крошечных, не могло бы быть прокормлено; поэтому океанские течения по своей скорости далеко заходят, определяя скорость, с которой может процветать жизнь. На больших глубинах, как мы видели, эти движения практически ограничены теми, которые вызваны медленным движением, вызываемым приливом. Величина этого движения пропорциональна глубине моря; в более глубоких частях оно переносит воду туда и обратно дважды в день на расстояние около двухсот пятидесяти футов. На более мелководье это движение увеличивается пропорционально обмелению, и в прибрежных районах начинают оказывать свое влияние морские течения, которые, за исключением массового дрейфа от полюсов, обычно не касаются дна. Там, где глубина воды составляет менее ста футов, каждая волна вносит свой вклад в движение, которое достигает своего максимума у берега, где каждый всплеск быстро раскачивает воду взад и вперед. Именно в этом поясе волн, где разбиваются волны, морские животные лучше всего обеспечены пищей, и именно здесь их рост происходит наиболее быстрыми темпами. Если ученик наберет пинту воды из прибоа, он обнаружит, что она помутнела от фрагментов органического вещества, количество которого в фунте жидкости часто составляет пятидесятую часть ее веса. Таким образом, он поймет, что вдоль береговой линии, хотя съестных припасов больше всего, запасы производятся из животных и растений, измельченных на мельнице. Одним словом, хотя побережье является местом быстрого роста, оно также является регионом быстрого разрушения; только в случае коралловых животных, которые объединяют свои тела с множеством мириад в большие и тщательно организованные сообщества, мы находим животных, которые могут настолько противостоять действию волн, что они могут создавать огромные отложения в своем царстве.

Следует отметить, что часть преимуществ, которые предоставляет органической жизни прибрежный пояс, обусловлена тем фактом, что вода там подвергается постоянному процессу аэрации путем взбивания в пену и брызги, которые возникают там, где набегают волны.

Изучающему будет интересно отметить большое количество механических приспособлений, которые были изобретены для обеспечения безопасности животных и растений, сталкивающихся с этими тяжелыми условиями, возникающими в результате последовательных сильных ударов падающей воды. Среди них можно кратко отметить лилипутов — моллюсков, обитающих в конической раковине, которая обращена к воде куполообразной внешней стороной и которая в момент гребка прижимается к скале сильными мышцами, удерживающими существо у основания. Ракушки, которые своими клиновидными носами рассекают воду в момент гребка, но раскрываются в паузах между волнами, так что существо может своими ветвистыми лапами схватить плавающую вокруг него пищу; нуллипоры, формы морских водорослей, обрамленные известняком и прочно цепляющиеся за скалу, представляют собой еще одни примеры защитных приспособлений, изобретенных для обеспечения безопасности существ, обитающих в местах с обильными запасами пищи.

Представленные выше факты покажут читателю, что морские отложения образуются в условиях, допускающих большое разнообразие по природе материалов, из которых они состоят. Как только отложения встраиваются в горные породы и покрываются более поздними скоплениями, их материалы попадают в подземную лабораторию, где подвергаются прогрессивным изменениям. Еще до того, как они достигли большой глубины, в результате отложения на них более поздних отложений начинаются изменения, которые приводят к изменению их структуры. Фрагменты растворимого вида начинают растворяться и повторно осаждаются, так что масса обычно становится намного более твердой, переходя из состояния детрита в состояние более или менее твердой породы. Когда они заглублены еще глубже и, таким образом, перенесены в царство большего тепла, или, возможно, когда они пронизаны дамбами и, таким образом, нагреваются, эти изменения идут еще дальше. Большая часть материала обычно перестраивается путем растворения и повторного осаждения, так что известняк может быть преобразован в кристаллический мрамор, гранулированные песчаники - в твердые массы, известные как кварциты, а глины - в более твердую форму сланца. Там, где изменения доходят до крайней точки, породы, первоначально имевшие отчетливый слой, вероятно, могут быть настолько раздроблены и переработаны, что все следы их расслоения могут быть уничтожены, все окаменелости уничтожены, а камень преобразован в слюдяной сланец, или гранит, или другую кристаллическую породу. Он может быть закачан в вышележащие слои в виде даек, или он может быть выброшен в воздух вулканами. Вовлеченные в процесс складывания гор, после более или менее

описанных изменений рядки могут перепутаться друг с другом, как смятые книжные листы, или даже со сложностью спутанной нити. Все эти изменения условий затрудняют для геолога изучение последовательности слоев, чтобы он мог узнать истинный порядок расположения горных пород и прочесть по ним историю последовательных геологических периодов. Эта задача, хотя и незавершенная, была выполнена трудами многих тысяч людей настолько далеко, что теперь мы можем разделить летопись на главы, соответствующие геологическим эпохам, и дать некоторый отчет о последовательности событий, органических и географических, которые произошли с тех пор, как жизнь начала вести свои записи.

ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ.

В обычном опыте нам кажется, что большая часть земли, которая предстает нашему взору, зафиксирована в своем положении. Лучшее понимание показывает нам, что в этом мире нет ничего неподвижного. В сфере неорганического мира атомы и молекулы даже в твердых телах должны рассматриваться как обладающие непрерывным, хотя и упорядоченным движением. Даже когда материя встроена в твердую породу, сомнительно, что хоть одна ее крупница когда-нибудь действительно успокоится. Под воздействием напряжений, возникающих в результате сжатия недр земли, и химических изменений, которым подвергаются горные породы, каждый обломок подвергается постоянно меняющимся толчкам, которые в некоторой степени влияют на его положение. Если бы мы каким-либо образом могли поднести песчинку из любого слоя под микроскоп, чтобы увидеть изменение ее положения, мы, вероятно, обнаружили бы, что она бесконечно колеблется в ту или иную сторону относительно идеально неподвижной точки, такой как центр земли. Но даже этот центр, будь то центр тяжести или центр фигуры, вероятно, никогда не находится в состоянии покоя.

Земные движения можно разделить на две группы — те, которые возникают в результате телесного перемещения материи, которое перемещает частицы тем или иным способом, или, как мы говорим, меняет их место, и те, которые просто производят вибрацию, при которой частицы после своего вибрационного движения возвращаются на свое первоначальное место. В целях иллюстрации первое, или поступательное движение, можно сравнить с тем, которое имеет место, когда колокол везут на локомотиве или корабле; а второе, или вибрационное движение, с тем, что имеет место, когда колокол ударом заставляют зазвонить. Именно с этими звенящими движениями, как мы можем их назвать, мы сталкиваемся, когда приступаем к изучению землетрясений.

Желательно, чтобы читатель в предисловии к своему изучению землетрясений отметил большую и в то же время переменную упругость горных пород. В крайней форме эта эластичность очень хорошо проявляется, когда игрушечный шарик, сделанный из камня с близкой текстурой, такого как тот, от которого он получил свое название, бросают на тротуар, состоящий из такого же плотного материала. Эксперимент покажет, что маленький шарик часто можно заставить подпрыгивать на высоту двадцати футов, не разбиваясь. Затем, если с той же энергией бросить шарик на кирпичный пол, отскок будет значительно уменьшен. Хорошо бы рассмотреть, что вызывает отскок. Когда сфера ударяется об пол, она меняет свою форму, становясь короче по оси под прямым углом к точке, в которую был нанесен удар, и в то же мгновение расширяясь вдоль экватора этой оси. Сплющивание продолжается всего малую долю секунды; сфера вибрирует так, что растягивается вдоль линии, по которой она ранее укорачивалась, и, поскольку это движение происходит с большой скоростью, можно сказать, что она отрывается от пола. В то же время аналогичное движение происходит в камне пола, и там, где скорость вибрации одинакова, два удара совпадают, и таким образом сфера сильно отбрасывается от точки соприкосновения. Там, где мрамор соприкасается с кирпичом, отчасти из-за меньшей эластичности этого материала, из-за его довольно пористой структуры, а

отчасти из-за того, что он не вибрирует с той же скоростью, что мрамор, выталкивающий удар намного менее силен.

Все горные породы, какими бы они ни были, даже те, которые кажутся бесвязными песками, в большей или меньшей степени приходят в вибрационное движение всякий раз, когда на них наносят удар. В земной коре происходят различные несчастные случаи, которые могут вызвать то внезапное движение, которое мы называем ударом. Когда мы изучим происхождение этих импульсов и способ, которым они передаются через горные породы, мы получим основу для понимания землетрясений. Самая распространенная причина сотрясений земли кроется в образовании трещин, известных как разломы. Если читатель когда-либо бывал на замерзшем озере в то время, когда погода становилась холоднее и лед, следовательно, сжимался, он, возможно, обратил внимание на раздирающий звук и легкую вибрацию, которые возникают при образовании трещины, пересекающей ледяной покров. В такое время он ощущает движение, которое является землетрясением и представляет собой более простую форму тех подземных толчков, которые возникают из-за внезапного разрыва плоскостей разломов. Если у него есть желание провести эксперимент, он может подвесить пулю на нитке к маленькой рамке, которая стоит на льду, и заметить, что при возникновении вибрации маленький маятник раскачивается взад и вперед, указывая таким образом на колебания льда. Один и тот же инструмент будет двигаться идентичным образом при воздействии сотрясения горных пород.

Там, где горные породы вибрируют из-за образовавшейся в них трещины, явления более сложные и часто в гораздо большем масштабе, чем в простых условиях, создаваемых ледяным покровом. Горные породы по обе стороны разлома обычно скользят друг по другу, и противоположные массы разрываются при трении друг о друга; в результате образуется не только первое сотрясение при первоначальном разломе, но и великое множество последовательных перемещений при других возникающих разрушениях. Опять же, в более глубоких частях земной коры трещины разломов часто в момент их образования заполняются сильным наплывом жидкой породы. Он, быстро перемещаясь, отрывает массы от стен и, когда ударяется о край отверстия, наносит удар, который может быть очень сильным. О характере этого удара можно судить по известному случаю, когда относительно медленно текущая струя из трубы гидранта внезапно перекрывается из-за закрытия запорного крана. Если сантехник не обеспечит воздушную подушку, чтобы уменьшить энергию удара, он часто бывает достаточно сильным, чтобы потрясти дом. Опять же, когда пар или другие газы из-за внезапного уменьшения давления получают возможность расширяться, они могут произвести удар, в точности подобный тому, который вызывается взрывом пороха, который, даже когда он ударяется о мягкую воздушную подушку, может вызвать сотрясение, которое можно почувствовать и услышать на большом расстоянии. Такие движения очень часто происходят при извержениях вулканов; они вызывают дрожание земли, которое может ощущаться на большом расстоянии от непосредственного очага возмущения.

Когда при любом из вышеописанных резких движений ударяют кувалдой по камням, волна проходит через более или менее упругую массу до тех пор, пока не израсходуется вложенная в нее энергия. Это не может быть сделано до тех пор, пока движение не преодолеет расстояние в сотни миль. Во время сильного землетрясения 1755 года, известного как Лиссабонский шок, записи позволяют предположить, что движение ощущалось на одной восьмой части поверхности земли. Такие сильные возмущения, вероятно, вызывают движение горных пород вблизи точки зарождения, что может выражаться в колебаниях, имеющих амплитуду от одного до двух футов; но при большем количестве землетрясений максимальное колебание, вероятно, не превышает десятой части этой величины. Очень ощутимая тряска, даже такая, которая может привести к значительному повреждению зданий, вызывается толчками, при которых земля вибрирует с размахом менее дюйма.

Когда возникает ударная волна, волна в скалах из-за сжатия, вызванного ударом, распространяется со скоростью, изменяющейся в зависимости от эластичности вещества, но со скоростью около полутора тысяч футов в секунду. Движения этой волны происходят под прямым углом к очагу возникающего возмущения, так что ударная волна может выйти на поверхность по линии, образующей любой угол между вертикалью и почти горизонталью. Там, где, как при извержении вулкана, толчок возникает в результате взрыва, эти волны расходятся кругами. Однако там, где, как это обычно бывает, толчок возникает в плоскости разлома, длина и глубина которого могут достигать многих миль, движение имеет эллиптическую форму.

Если бы волна землетрясения проходила через однородное и высокоэластичное вещество, такое как стекло, она распространялась бы повсюду с одинаковой скоростью, и в случае более сильных возмущений движение могло бы ощущаться по всей поверхности земли. Но поскольку движение происходит через породы различной упругости, скорость, с которой оно перемещается, очень неравномерна. При движении через материалы одной плотности и со скоростью вибрации, определяемой этими условиями, импульс с трудом передается слоям, которые естественным образом вибрируют с другой скоростью. Во многих случаях, например, когда ударная волна, проходящая через плотные кристаллические слои, сталкивается с массой мягкого песчаника, волна вместо продолжения отражается обратно к своей исходной точке. Эти отголоски землетрясений иногда приводят к очень разрушительным движениям. Часто случается, что еще до того, как первоначальная дрожь от толчка прошла, в какой-либо точке на поверхности возникают рефлекторные движения, совершающие очень нерегулярное движение, которое можно сравнить с движением волн в открытом море.

Приведенный выше отчет о землетрясениях подготовит читателя к пониманию тех очень любопытных и важных последствий, которые эти аварии производят на земле. Под поверхностью ощутимое воздействие землетрясений ограничено. Часто наблюдалось, что люди в шахтах почти не замечают раскачивания, которое может быть очень заметно для тех, кто находится на поверхности, причина этого в том, что под землей, где горные породы прочно связаны друг с другом, отсутствуют все те колебания, которые происходят из-за неподдерживаемого положения таких объектов, как здания, столбчатые скалы, деревья и земные воды. Влияние движений, которые землетрясения оказывают на

подземные слои земли, в основном связано с тем фактом, что почти в каждой части земной коры постоянно образуются напряжения или деформации другого рода. Они могут целую вечность оставаться безрезультатными, пока земля не содрогнется, когда внезапно начнутся движения, которые в одно мгновение могут изменить состояние горных пород на обширной территории. Одним словом, сильное землетрясение, вызванное образованием обширного разлома, вероятно, вызовет любое количество незначительных смещений, каждое из которых, в свою очередь, вызывает толчок, посылая свою небольшую волну, усложняющую большое колебание. Возмущающий эффект этих резких движений также не прекращается с появлением трещин, которые они вызывают, и новых деформаций, которые, в свою очередь, развиваются из-за движений, которые они вызывают. Такие движения благоприятствуют изменениям в породах, которые вовлечены в химические превращения. Всем известно, что температура сосуда с водой, если его держать в состоянии покоя, может быть снижена на три-четыре градуса ниже точки замерзания, при этом он не замерзает. Если затем постучать пальцем по стенке сосуда, чтобы вызвать легкое сотрясение массы, она мгновенно застынет. Молекулярным перегруппировкам, таким образом, способствуют толчки, и последствия тех, что проходят через землю, вероятно, важны с химической точки зрения.

Читатель может помочь себе кое-что понять в сложной проблеме земного напряжения и соответствующих движений горных пород, рассмотрев некоторые простые иллюстрации. Он может наблюдать, как почва трескается, когда она сжимается во время засухи, отверстия закрываются, когда идет дождь. Подобным образом промерзшая земля раскалывается, иногда с толчком, который часто расценивается как землетрясение. Опять же, зола в просеивателе или гравий на сите показывают, как каждое встряхивание может ослабить определенные напряжения, создаваемые силой тяжести, в то время как они создают другие, которые, в свою очередь, снимаются следующим ударом. Обычный жилой дом раскачивается и деформируется из-за перепадов температуры и влажности, которым он подвергается в цикле климатических изменений. Время от времени мы замечаем движения по потрескивающему звуку, но гораздо большая их часть ускользает от внимания.

С этим наброском механизма землетрясений мы теперь перейдем к рассмотрению их воздействия на поверхность земли. С геологической точки зрения, наиболее важный эффект землетрясений проявляется в движении горных массивов вниз по крутым склонам, которое вызывается сотрясением. Повсюду на суше возбудители гниения и эрозии имеют тенденцию приводить тяжелые массы в положение, где гравитация естественным образом приводит к их падению, но где они могут долго оставаться подвешенными, при условии, что их не потревожат. Таким образом, везде, где есть высокие и отвесные скалы, при прохождении подземных толчков под землей, вероятно, произойдут большие обрушения горных пород. Более чем в одном случае наблюдатели, расположенные так, что им открывался вид на далекие горы, замечали обрушение пропастей на пути толчка еще до того, как дрожь затронула землю, на которой они стояли. Во время знаменитого землетрясения 1783 года, опустошившего южную Италию, принц Сциллы убедил свой народ укрыться в своих лодках, надеясь, что таким образом они смогут избежать разрушений, которые угрожали им на суше. Как только несчастные

оказались на воде, падение соседних скал у моря вызвало огромную волну, которая захлестнула суда.

Там, где почва лежит на крутых склонах в местах, в которых она накапливалась в течение веков спокойствия, сильное потрясение, вероятно, обрушит ее в долины в виде огромных оползней. Так, во время землетрясения 1692 года Голубые горы Ямайки сотряслись с такой силой, что почва и стоявшие на ней леса были осыпаны в русла рек, так что многие поросшие деревьями вершины превратились в поля голых скал. Результатом этого действия является значительное увеличение количества детрита, который ручьи уносят в море. После упомянутого выше великого ямайского землетрясения реки на некоторое время прекратили свое течение, их воды накапливались в массах рыхлого материала. Затем в течение нескольких недель они изливали потоки грязи и обломков растительности — материалов, которые приходилось сметать, поскольку ручьи образовывали новые русла.

Во всех регионах, где часты землетрясения и потрясения значительной силы, опытный наблюдатель отмечает, что поверхности голых скал необычайно обширны, факт заключается в том, что многие из этих областей, где склон лежит под углом от десяти до тридцати градусов, которые в незатрясённом регионе были бы густо покрыты почвой, лишены покрытия из-за движения отходов вниз, вызванного возмущениями. Знакомый пример этого действия можно получить, наблюдая за рабочими, занятыми просеиванием песка, высыпая материал на наклонную решетку. Эта работа не могла быть выполнена, если бы не случайный удар по просеивателю. Устройство для такого сотрясающего движения обычно используется в различных обогатительных машинах, целью которых является перемещение фрагментов вещества по наклонной поверхности.

Даже там, где земля настолько ровная, что землетрясение не вызывает скользящего движения материалов, такого, как описано выше, можно легко заметить другие последствия сотрясения. По мере того как движение проходит через массу, при условии, что движение происходит со значительной интенсивностью, часто образуются трещины шириной в несколько футов, а иногда и длиной в мили. В большинстве случаев эти трещины, открывшиеся в результате одной ударной волны, вероятно, будут закрыты обратным движением, которое происходит мгновенно после этого. Последствия этого действия часто необычны и в некоторых случаях представляют собой самые ужасные элементы шока, который видит страдающий. Во время сильного землетрясения 1811 года, которое опустошило участок долины Миссисипи между устьем Огайо и Висконсингом, этих расщелин образовалось так много, что первопроходцы защитили себя от опасности быть схваченными их челюстями, срубив деревья так, чтобы они лежали под прямым углом к направлению, в котором простирались трещины, построив на этих бревнах платформы для поддержки своих временных жилищ. Записи о землетрясениях содержат множество примеров, когда люди оказывались застигнутыми в этих земляных трещинах, и в одном случае зафиксировано, что человек, исчезнувший в пещере, был в одно мгновение выброшен потоком воды, который в этом, как и во многих других случаях, вырывается наружу, когда стенки отверстия смыкаются.

Иногда эти разрывы сопровождаются смещением, в результате которого земля с одной стороны поднимается намного выше, чем с другой. Полученная таким образом ступенька может иметь много миль в длину и высоту двадцать футов или более. Не нужно никаких аргументов, чтобы показать, что здесь мы имеем дело с вершиной разлома, подобного тому, который вызвал толчок, или же он может быть вторичного характера, подобного тому, который любое землетрясение, вероятно, вызовет в пластах, которые оно пересекает. В некоторых случаях два разлома объединяют свое действие, так что часть поверхности исчезает под землей, погребая под собой все, что могло стоять на исчезнувшем месте. Так, во время великого толчка, известного как толчок в Лиссабоне, который произошел в 1755 году, каменная набережная вдоль гавани, где многие тысячилетней песка искали убежища от рушащихся зданий города, внезапно затонула вместе с толпой, и воды сомкнулись над ней; после того, как толчок прошел, не было найдено ни следов людей, ни строения. Существует история о том, что во время того же землетрясения арабская деревня в северной Африке затонула, земля с обеих сторон сомкнулась над ней, так что от жилья не осталось и следа. В обоих этих случаях катастрофы лучше всего объясняются диаграммой.

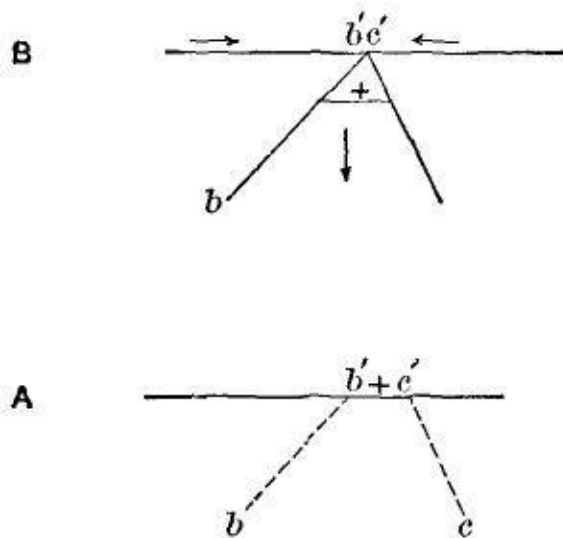


Рис. 21.—Схема, показывающая, как часть земной поверхности может быть затоплена в результате разломов. Рис. А показывает исходное положение; В - положение после образования разлома; b b' и c c' - плоскости разломов; стрелки указывают направление движения.

Во время землетрясения 1811 года аллювиальные равнины по обе стороны Миссисипи во многих местах просели, так что пахотные земли превратились в озера; площадь этих впадин, вероятно, составляла несколько сотен квадратных миль. Автор, исследуя эти затонувшие земли, обнаружил, что оседания произошли там, где старые рвы или заброшенные русла великой реки были заполнены смесью гниющей древесины и речного ила. При сильном встряхивании эти *обломки* рыхлой текстуры естественным образом оседали, образуя котловину, занятую озером в форме полумесяца. Тот же процесс обильного осаждения происходит везде, где породы все еще находятся в нецементированном состоянии. Результатом часто является образование изменений, которые приводят к выбросу газов. Так, во время землетрясения в Чарльстоне в 1883 году поверхность на площади во много сотен квадратных миль была изрыта небольшими

кратерами, образовавшимися в результате подъема воды, вызванного содержащимися в ней газами. Эти маленькие водяные вулканы — так мы можем их назвать — иногда возникают в количестве дюжины или более на каждом акре земли в сильно потрясенном районе. Они указывают на один из результатов физических и химических изменений, которые вызывают землетрясения. По мере усиления силы землетрясений их воздействие на почву становится все более сильным, пока при самых сильных толчках все сыпучие материалы на поверхности земли не могут быть сотрясены настолько, что разрушаются даже границы полей. После знаменитого землетрясения Риоамба, произошедшего на западном побережье Южной Америки в 1797 году, жители района, в котором находился город с таким названием, были вынуждены переделить свою землю, поскольку первоначальные границы исчезли. К счастью, толчки такого рода чрезвычайно редки. Они происходят лишь в нескольких частях света.

Определенные последствия землетрясений, при которых ударная волна возникает на дне моря, были указаны в отчете об извержениях вулканов (см. стр. 299). Поэтому мы можем отметить здесь только некоторые из более общих фактов. Проходя через морские глубины, эта волна может иметь высоту не более двух-трех футов и ширину в несколько десятков миль. Когда волна накатывает на берег, передняя часть волны замедляется из-за трения о дно в такой степени, что ее скорость уменьшается, в то время как следующая часть волн, будучи менее сдерживаемой, набегают на эту переднюю часть. В результате волна поднимается все выше и выше по мере приближения к берегу, на который она может накатываться в виде огромной волны, имеющей высоту пятьдесят футов или более и ширину, совершенно несравнимую ни с одной волной, вызванной действием ветра. Волны такого типа наиболее распространены в Тихом океане. Хотя они и случаются время от времени, ущерб, который они могут нанести, очень велик. Когда движение приближается к берегу, суда, как бы хорошо они ни стояли на якоре, уносятся в сторону моря сильным обратным ударом волны - явление, которое можно заметить даже в случае обычного прилива. Таким образом, вынужденные двигаться в сторону моря, экипажи кораблей могут обнаружить, что их отнесло на расстояние нескольких миль, пока они не приблизятся к поверхности надвигающейся волны. По мере приближения к берегу он выпрямляется, принимая форму стены, а затем опрокидывается на сушу. Те суда, которые не сразу разрушаются от удара, обычно отбрасываются далеко вглубь материка стремительным течением. Во время великого ямайского землетрясения 1692 года британский военный корабль был перенесен через крыши некоторых складов и оставлен на некотором расстоянии от берега.

Благодаря тому, что вода является высокоэластичным материалом, удары, передаваемые ей снизу, передаются вперед со своей энергией, но незначительно уменьшаются. Хотя импульс очень сильный, эти колебания могут нанести ущерб судоходству. Судовые журналы моряков изобилуют историями о том, как суда были лишены мачт или иным образом сильно потрясены внезапным ударом, полученным посреди спокойного моря. У моряков обычно создается впечатление, что судно налетело на скалу. Объяснение заключается в том, что волна от землетрясения, проходя по воде, нанесла свой удар по кораблю. Поскольку скорость этого резкого движения намного больше, чем у любой обычной волны, удар, который оно может нанести, может быть самым разрушительным.

Действительно, кажется, мало оснований сомневаться в том, что часть судов, которые когда-либо исчезают в дикой природе океана, погибают в результате сокрушительного воздействия этих подземных толчков, которые проходят через воды морских глубин.

Мы уже говорили о землетрясении как о колебании. Это свойство всех тел, которые колеблются под воздействием удара, например, возникающего при землетрясениях, - раскачиваться взад и вперед, подобно металлу в колоколе или камертоне, в последовательности движений, каждое из которых слабее предыдущего, пока импульс не иссякнет или, скорее, мы должны в строгом смысле сказать, не заменится другими формами энергии. В результате даже при малейшем землетрясении земля движется не один раз взад-вперед, а очень много раз. При сильном потрясении последовательные уменьшающиеся колебания достигают десятков, прежде чем они становятся настолько незначительными, что ускользают от восприятия. Хотя первое раскачивание является самым сильным и, как правило, наиболее разрушительным, быстрые движения взад-вперед склонны продолжаться и довершать опустошение, которое вызывает первое. Вибрации, вызванные любым ударом, происходят с большой скоростью. Их действительно можно сравнить с теми движениями, которые мы ощущаем на краю большого колокола, когда в него сильно ударяют колотушкой. Читатель, возможно, видел, что на мгновение край колокола вибрирует с такой быстротой, что кажется затуманенным, то есть движения ускользают от взгляда. Легко видеть, что тряска такого рода специально рассчитана на разрушение любых тел, которые свободно висят в воздухе и поддерживаются только своим основанием.

В том, что мы можем назвать естественной архитектурой земли, в башнях и обелисках, которые образуются во многих высокогорных странах, воздействие этих сотрясений разрушительно, и, как мы видели, даже более прочно расположенные объекты, такие как утесы с мощными стенами и крутые склоны земли, разрушаются под ударами. Поэтому неудивительно, что здания, которые возводит человек, там, где они сложены из каменной кладки, сильно страдают от этих сотрясений. Почти во всех случаях человеческие здания возводятся без учета других проблем прочности, кроме тех, которые могут быть измерены их весом и сопротивлением разрушению только под действием силы тяжести. Они построены не с расчетом на сотрясение, а с расчетом на твердую землю.

Ущерб, который землетрясения наносят зданиям, в большинстве случаев обусловлен тем фактом, что они отклоняют стены от отвеса, так что они больше не в состоянии выдерживать вес, который им приходится нести. Величина этого раскачивания, естественно, намного больше, чем то, которое испытывает при движении сама земля. Здание любой высоты, стены которого не поддерживаются соседними конструкциями, может обнаруживать, что его крыша раскачивается взад-вперед по дуге длиной в фут, в то время как его основание перемещается всего на несколько дюймов. Читатель может увидеть пример такого рода, если он положит тонкую книгу или дощечку длиной в фут на маленький столик; затем, встряхнув стол так, чтобы он качнулся на расстояние, скажем, четверти дюйма, он увидит, что столбчатый предмет качается на своем верху на гораздо большее расстояние и почти наверняка будет опрокинут.

Там, где здание несет нагрузку в своих верхних частях, например, из-за тяжелой крыши или складских помещений, которые в нем находятся, воздействие землетрясения, при котором земля перемещается туда-сюда, становится гораздо более разрушительным, чем могло бы быть в противном случае. Этот вес отстаёт, когда земля соскальзывает вперёд при первом колебательном движении, в результате чего стены здания почти наверняка будут выдвинуты так далеко за пределы перпендикуляра, что они прогибаются и опускаются под действием веса, который они несли. Часто при землетрясениях отмечалось, что высокие колонны, даже если они состоят из множества блоков, выдерживают удар, который опрокидывает более низкие здания, где тонкие стены поддерживают несколько этажей, на каждом из которых скапливается значительный вес. В случае с колонной деформации равномерны, и вся конструкция может раскачиваться взад и вперёд, не опрокидываясь. По мере уменьшения энергии колебаний она постепенно возвращается в спокойное состояние без повреждений. В обычном здании неправильное расположение груза не обеспечивает равномерного перемещения, которое может обеспечить безопасность. Таким образом, если город Вашингтон когда-нибудь подвергнется сильному потрясению, великий обелиск, несмотря на то, что его высота составляет пятьсот футов, может пережить возмущение, которое разрушило бы более низкие и массивные здания, расположенные вокруг него.

Когда, что, к счастью, случается редко, сильный удар обрушивается на землю в вертикальном направлении, воздействие на все подвижные объекты в высшей степени катастрофично. В таком случае здания разрушаются, словно от удара гигантской руки. Крыши и полы одним ударом обрушиваются на фундамент, а все части стен, которые не поддерживаются прочной каменной кладкой, сплошной сверху донизу, разбиваются вдребезги. В таких случаях было замечено, что тела людей часто отбрасывает на значительные расстояния. Действительно, утверждается, что при землетрясении в Рио-де-Жанейро они были выброшены вверх на высоту более девяноста футов. Сообщается, что единственный выживший из прихожан, которые в начале беспорядков поспешили в церковь, был выброшен сильнейшим и наиболее разрушительным толчком вверх и через окно, основание которого находилось на высоте более двадцати футов от земли.

Легко понять, что землетрясение может проникнуть в здание в любом направлении между вертикалью и горизонталью. Поскольку движение исчерпывает себя по мере удаления от места своего возникновения, горизонтальные толчки обычно имеют наименьшую энергию. Те, которые являются точно вертикальными, ощущаются только там, где сооружения расположены непосредственно над точкой, из которой исходит движение. Отсюда следует, что разрушительная работа землетрясений в основном совершается в той части поля, где движение находится, с точки зрения его направления, между вертикалью и горизонталью — положение, в котором здание, вероятно, сразу же получит разрушительный эффект, возникающий в результате резкого толчка вверх при вертикальном движении и колебательного действия того, что находится в горизонтальном направлении. От деформаций, подобных этому описанию, когда амплитуда движений превышает несколько дюймов, ни одно обычное каменное сооружение не может быть полностью защищено; приемлемая безопасность достигается только в том случае, если здание построено из хорошо каркасного бруса, который

благодаря своей эластичности допускает значительное движение без разрушительных последствий. Однако даже такие здания, самые прочные, могут быть разрушены более сильными землетрясениями. Так, во время землетрясения в долине Миссисипи в 1811 году бревенчатые хижины жителей приграничья, которые примерно настолько прочны, насколько вообще могут быть построены здания, разлетелись на куски от резких и повторяющихся толчков.

Неудивительно, что стиль архитектуры, принятый в странах, подверженных землетрясениям, отличается от того, который развит в регионах с твердой почвой. Люди обычно узнают, что там, где их здания должны выдержать испытания землетрясениями, они должны быть низкими и прочными, обрамленными на манер укреплений, чтобы противостоять нападению этого врага. Мы видим, что готическая архитектура, в которой большая тяжесть каменной кладки приходится на тонкие колонны и стены, разделенные высокими окнами, хотя и стала доминирующим стилем на относительно стабильных землях северной Европы, никогда не закреплялась прочно в тех регионах Средиземноморья, которые часто посещают сильные сотрясения земли. Там греческий или романский стили, которые относятся к гораздо более массивному типу, сохраняют свое место и являются модными по сей день. Даже такой способ строительства, хотя и обеспечивает определенную защиту от незначительных сотрясений, небезопасен при более сильных толчках. Снова и снова разрушительные движения, происходящие в этой области, практически лишали большие территории на юге Италии их построек. Единственный народ, который систематически приспособливал свои архитектурные методы к землетрясениям, - это японцы, которые в определенных районах, где возможны подобные риски, строят свои жилища из дерева и устанавливают их на роликах, чтобы они могли легко перемещаться взад и вперед, когда под ними проходит толчок. В какой-то мере жители Сан-Франциско также защитились от этой опасности, избегая установки опасных грузов в верхних частях своих зданий, а также чрезмерной высоты, на которую поднимаются эти конструкции в некоторых наших американских городах.

Землетрясения ощутимой энергии, по-видимому, ограничены определенными участками земной коры. Действительно, регионы, где в течение периода истории человечества происходили толчки разрушительной энергии, включают в себя не более одной пятнадцатой части поверхности Земли. Существует распространенное мнение, что эти движения наиболее склонны происходить в вулканических регионах. Это действительно правда, что ощутимые толчки обычно сопровождают взрывы из больших кратеров, но записи ясно показывают, что эти движения очень редко обладают разрушительной энергией. Таким образом, в регионах у подножия Везувия и Этны, двух вулканов, о которых известно больше всего, подземные толчки никогда не приводили к масштабным катастрофам. Фактически, повторяющиеся легкие толчки, сопровождающие вулканическую деятельность, по-видимому, предотвращают образование тех огромных и медленно накапливающихся напряжений, которые при своем выбросе вызывают самые сильные сотрясения земли. Величайшие и наиболее продолжительные в истории землетрясения, которые ранее отмечались в начале этого столетия в долине Миссисипи, где толчки значительной силы продолжались в течение двух лет, произошли в местности, очень удаленной от действующих вулканов. Точно так же возмущения под дном

Атлантики, вызвавшие толчки, приведшие к разрушению Лиссабона, и многие другие подобные, хотя и менее сильные движения, развиваются в области, по-видимому, удаленной от действующих вулканов. Восточная часть Новой Англии, которая была очагом нескольких значительных землетрясений, находится примерно так же далеко от активных источников, как и любое другое место на земном шаре, пригодное для жизни. Следовательно, мы можем заключить, что, хотя вулканы обязательно вызывают толчки, возникающие в результате выброса их газов и проникновения лавы в дамбы, которые образуются вокруг них, большая часть важных толчков никоим образом не связана с вулканическими взрывами.

За исключением землетрясения в долине Миссисипи, все сильные толчки, о которых у нас есть записи, произошли в регионах или вблизи них, где горные породы были сильно потревожены горообразующими силами, и где признаки заставляют нас полагать, что смещения пластов, способные разорвать пласты на части, могут все еще продолжаться. Это, взятое в связи с тем фактом, что многие из этих толчков сопровождаются образованием плоскостей разломов, которые появляются на поверхности, приводит нас к выводу, что землетрясения более сильного типа обычно образуются в результате образования трещин, которые могут подниматься, а могут и не подниматься вверх, к поверхности. Эта точка зрения подтверждается многими тщательными наблюдениями за воздействием, которое некоторые сильные землетрясения оказали на разрушенные ими здания. Выдающийся наблюдатель мистер Чарльз Маллет, посетивший очаг землетрясения, произошедшего в 1854 году в провинции Калабрия в Италии, с большим трудом и мастерством определил направление, в котором ударная волна прокатилась по нескольким сотням зданий, на которых она оставила следы своего прохождения. Сопоставив эти линии движения, он обнаружил, что все они относятся к вертикальной плоскости, лежащей на глубине нескольких миль под поверхностью и простирающейся на большое расстояние в северном и южном направлениях. Этот метод исследования был применен к другим областям, в результате чего во всех случаях, которые были подвергнуты этому исследованию, очаг толчка был прослежен до такой плоскости, которая лучше всего может быть объяснена предположением о неисправности.

Метод, которого придерживался м-р Маллет в своих исследованиях происхождения землетрясений, и те, кто продолжал его исследования, могут быть кратко обозначены следующим образом: Исследуя разрушенные здания, легко определить те, которые были разрушены ударом, исходившим из земли в вертикальном направлении. В этих случаях, хотя высокие стены могут остаться стоять, крыши и полы сбрасываются в подвалы. С помощью дюжины таких примеров устанавливается плоскость того, что называется сейсмической вертикалью (*сейсмос* по-гречески означает землетрясение). Затем по обе стороны от этой плоскости, которая указывает линию, но не глубину нарушения, могут быть сделаны другие наблюдения, которые дают ключ к пониманию глубины. Таким образом, можно найти здание, где северо-западный угол в его верхней части был отброшен. Такой разрыв был явно вызван восходящим, но косым движением, которое в первой половине колебания поднимало конструкцию вверх на северо-запад, а затем во второй половине, или отскоком, оттягивало массу здания от неподдерживаемого угла, позволяя этой части кладки отлететь и упасть на землю. Построив линию под прямым

углом к плоскости разлома, будет обнаружено, что она пересекает плоскость, положение которой было частично определено путем нахождения линии, где она пересекает землю, или ранее отмеченной сейсмической вертикали. Умножая такие наблюдения по обе стороны от последней упомянутой линии, можно приблизительно определить положение подземных частей самолета, а также глубину, на которую он достиг.

Стоит рассмотреть степень, в которой землетрясения могут повлиять на общее качество жизни людей, проживающих в странах, где эти беспорядки происходят с такой частотой и насилием, что оказывают влияние на их жизнь. Не может быть никаких сомнений в том, что везде, где землетрясения происходят в такой степени, что вызывают повсеместный ужас, где, повторяясь время от времени, они развивают в людях чувство постоянной незащищенности, они становятся мощными агентами деградации. Все лучшее, что люди делают для создания цивилизации, основывается на чувстве уверенности в том, что их усилия могут накапливаться из года в год и что даже после смерти труд каждого человека может остаться наследием для его рода. Действительно, вполне вероятно, что в некоторых областях, как, например, в южной Италии, неспособность людей продвинуться в культуре отчасти объясняется их долгим опытом подобных бедствий и естественным ожиданием, что они будут время от времени повторяться. Аналогичным образом испанские поселения в Центральной и Южной Америке, которые расположены в основном на землях, подверженных катастрофическим потрясениям, возможно, были замедлены из-за отчаяния, а также потери имущества и жизни, которые эти несчастные случаи так часто причиняли им. Однако не стоит слишком много приписывать таким земным влияниям. Безусловно, самый важный элемент в определении судьбы народа заключается в его исконных качествах, в том, чем он обязан своим предкам из далеких поколений. В этой связи полезно рассмотреть историю исландского народа, где маленький народец на протяжении тысячи лет подвергался целому ряду суровых испытаний, таких как землетрясения, извержения вулканов и неурожай, и все это в такой мере, в какой мало кто из других стран испытывает это, если вообще испытывает. Несмотря на эти несчастья, исландцы развили и поддерживали цивилизацию, которая во всем остальном, за исключением ее материальных результатов, в среднем превосходит то, что было завоевано любым другим народом в наше время. Если у народа есть решительный дух, ведущий к достойной жизни, он может успешно противостоять бедствиям, гораздо большим, чем те, которые приносят землетрясения.

Долгое время предполагалось, что регионы, где землетрясения не заметны невооруженным глазом, были освобождены от всех подобных возмущений. Наблюдения, сделанные сейсмологами в последние годы, указывают на вывод о том, что ни одна часть земной поверхности не является полностью свободной от движений, которые, хотя и не сразу воспринимаются, могут быть сделаны видимыми с помощью соответствующих приборов. С помощью устройства, известного как горизонтальный маятник, можно наблюдать колебания, амплитуда которых не превышает сотой доли дюйма. Этот механизм состоит, по существу, из тонкого стержня, поддерживаемого у одного конца двумя проволоками, одна сверху, другая снизу. Легко понять, что любое измеримое движение приведет к тому, что более длинный конец стержня будет раскачиваться по значительной дуге. Везде, где за таким маятником внимательно наблюдали в каком-либо

районе, было обнаружено, что он указывает на возникновение незначительных толчков. Даже определенные изменения показаний барометра, которые изменяют вес атмосферы, лежащей на земле, до величины, указанной дюймом высоты ртутного столба, по-видимому, во всех случаях вызывают такие толчки. Многие из этих незначительных толчков могут быть вызваны воздействием более сильных подземных толчков, которые продолжались, возможно, на протяжении тысяч миль от места их возникновения и, таким образом, уменьшили амплитуду своего движения. Другие, вероятно, происходят из-за небольшого движения, вызванного химическими изменениями горных пород, которые происходят непрерывно. О легкости, с которой даже небольшие движения передаются на большое расстояние, можно судить по тому факту, что при замерзании грунта горизонтальный маятник будет указывать на тряску, вызванную движением железнодорожного состава на расстоянии мили или более от пути.

В связи с сотрясением земли было бы неплохо отметить возникновение другого, хотя и физически отличающегося, вида движения, которое мы можем назвать колебаниями земли, или массивными движениями, которые медленно смещают вертикальное и, несомненно, также горизонтальное положение точек на ее поверхности. Неоднократно отмечалось, что в горных странах, где были сделаны точные снимки, высоты точек между концами длинной линии, по-видимому, несколько изменяются в течение ряда лет. Так, в одном месте на Апеннинах, где два здания, разделенные расстоянием в несколько миль, обычно видны через гребень соседнего пика, случилось так, что изменение уровня одной из точек сделало невозможным разглядеть одно здание с другой. Зная, что линия морского побережья постоянно меняется, в одних местах происходит подъем, а в других - опускание, не кажется маловероятным, что эти нерегулярные колебания являются очень распространенным явлением. Более того, астрономы начинают замечать тот факт, что их обсерватории, по-видимому, не остаются постоянно в одном и том же положении - то есть у них не совсем одинаковые широта и долгота. Некоторые из этих изменений недавно были объяснены открытием нового и до сих пор не отмеченного движения полярной оси. Однако не исключено, что неравномерное колебание земной коры, вызванное складыванием пластов и постоянно происходящими изменениями объема горных пород, может иметь некоторую роль в возникновении этих смещений.

Судя по разрушениям, нанесенным интересам человека, землетрясения заслуживают того, чтобы быть причисленными к самым страшным бедствиям Природы. С незапамятных времен записи показывают нам, что уничтожение жизни, которое им приписывают, исчисляется миллионами. Перечень человеческих жертв в результате описанных выше несчастных случаев, произошедших в христианскую эпоху, привел автора к предположению, что, вероятно, более двух миллионов человек погибло от этих потрясений за последние девятнадцать столетий. Тем не менее, по сравнению с другими разрушительными факторами, такими как предотвратимые болезни, войны или голод, потери, причиненные подвижками земной коры, на самом деле незначительны, и почти все они происходят из-за упрямой небрежности при строительстве зданий без учета рисков, которые, как известно, существуют в странах, пострадавших от землетрясений.

Хотя все наши точные знания о распространении землетрясений ограничены несовершенными записями за две или три тысячи лет, обычно можно измерить в общих

чертах степень подверженности таким авариям, которая может иметь место в любой стране, путем тщательного изучения деталей ее топографии. Почти на каждой большой территории в результате процесса эрозии естественным образом остается большое количество горных пород либо в виде отдельных столбов, либо в виде скоплений обломков, отложившихся на крутых склонах. Эти объекты формируются относительно медленно, и часто можно определить, что они находились на своем месте в течение времени, которое измеряется тысячами лет. Таким образом, исследуя такую страну, как Северная Америка, где исторические записи охватывают лишь короткий период времени, мы можем по запросу определить, какие части ее территории долгое время были свободны от мощных толчков. Там, где изобилуют естественные обелиски и крутые осыпи — особенности, которые исчезли бы, если бы регион подвергся сильным сотрясениям, — мы можем быть уверены, что исследуемая область в течение длительного периода была свободна от мощных сотрясений. Исходя из этого стандарта, мы можем с уверенностью сказать, что регион, занимаемый Аппалачами, избежал серьезных неприятностей. Точно так же в части Кордильер, лежащей к востоку от того, что обычно называют Великим бассейном, между Скалистыми горами и Сьерра-Невадой, также долгое время царил мир. В странах, покрытых оледенением, летопись, естественно, менее четкая, чем в тех частях света, которые подвергались длительному, медленному разрушению горных пород. Тем не менее, на этих полях часто встречаются валуны, застывшие в положении, которое они не смогли бы сохранить, если бы подверглись сильному встряхиванию. Судя по этим свидетельствам, мы можем сказать, что большая часть северной части этого континента, особенно район Великих озер, не подвергалась значительным потрясениям с тех пор, как сошел ледник.

Берега, которые подвергаются воздействию огромных морских волн, вызванных землетрясениями, происходящими под дном соседнего океана, настолько сильно затоплены этими сильными наводнениями, что теряют многие черты, которые часто встречаются вдоль берегов, освобожденных от таких воздействий. Таким образом, где бы мы ни находили обширные и изящно очерченные дюны, ровные камни или стройные остроконечные скалы вдоль побережья, мы можем быть уверены, что с момента образования этих объектов район не захлестывали эти огромные волны.



Рис. 22. Выровненные породы, указывающие на длительное отсутствие сильных землетрясений в местах, где возникают такие особенности.

По всей северной Атлантике мы почти повсюду находим ледниковые отложения, то тут, то там скопившиеся у кромки моря в сложных скульптурных очертаниях, которые принимают пески каме и гравий. Изучив эти участки чуть выше уровня прилива, автор статьи пришел к убеждению, что Североатлантический регион долгое время был свободен от ударов других волн, кроме тех, которые возникают во время сильных штормов. В настоящее время волны, образованные землетрясениями, по-видимому, имеют разрушительную силу только на западном побережье Южной Америки, куда они накатываются из района Тихого океана, лежащего к югу от экватора и в нескольких сотнях миль от побережья континента, который, по-видимому, является очагом чрезвычайно сильных толчков. Аналогичное поле наблюдается в Атлантике между Малыми Антильскими островами и Испанским полуостровом, но со времен Лиссабонского землетрясения оттуда не поднималось больших волн. Бассейн Карибского моря и регион вокруг Явы, по-видимому, также являются областями, где можно ожидать подобных возмущений, хотя в каждом из них была зарегистрирована волна подобного характера, за исключением одной. Следовательно, мы можем рассматривать эти вторичные результаты подводного землетрясения как редкие явления.

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ВРЕМЕНИ.

Хотя человеку не под силу представить себе какие-либо подобные промежутки времени, имевшие место в истории этой земли, интересно и в определенном смысле полезно определить как можно точнее в годах продолжительность событий, которые зафиксированы в горных породах. Некоторые астрономы, основываясь на теплосодержащей способности вещества и на скорости, с которой энергия в этой форме поступает от солнца, пришли к выводу, что наша планета не могла существовать независимо более двадцати миллионов лет. Геолог, однако, основываясь в своих выводах на записях, являющихся предметом его исследования, по многим направлениям приходит к мнению, которое расходится с мнением некоторых выдающихся астрономов. Сейчас будут изложены пути, которыми исследователь земли приходит к такому мнению.

Отмечая количество наносов, уносимых реками в море, геолог обнаруживает, что земли — по крайней мере, те, которые защищены естественной растительностью, — изнашиваются со скоростью, которая почти наверняка не превышает одного фута примерно за пять тысяч лет или двухсот футов за миллион лет. Обнаруживая во многих местах земной поверхности отложения, толщина которых первоначально составляла пять тысяч футов или более, которые были разрушены на глубину в тысячи футов за один довольно короткий отрезок геологического времени, изучающий легко оказывается готовым утверждать, что период от пяти до десяти миллионов лет часто требовался для осуществления лишь очень малой части тех изменений, которые, как ему известно, произошли на этой земле.

Когда геолог следует вниз по разрезам слоистых пород и по остаткам пластов определяет эрозию, которая унесла большую часть мощных отложений, подвергшихся эрозии, он натывается на один из таких разрывов в последовательности или сталкивается с так называемым несоответствием, например, когда горизонтальные пласты лежат напротив наклонных. Во многих случаях он может заметить, что в то время в том месте, где производились его наблюдения, был большой промежуток времени, не представленный отложениями, однако на большой промежуток времени указывает тот факт, что в промежутке между двумя наборами пластов произошла значительная эрозия.

Сопоставляя фрагменты записей и предполагая, что скорость эрозии, вызванная агентами, действующими на суше, всегда была примерно одинаковой, геолог приходит к выводу, что участок горных пород от современных до самых нижних слоев Лаврентийского горизонта представляет собой время, необходимое для их формирования, не менее ста миллионов лет; более вероятно, вдвое больший срок. Некоторые натуралисты возражают против этого аргумента, утверждая, что агенты эрозии, возможно, были более активны в прошлом, чем в настоящее время. Они предполагают, что количество осадков, возможно, было намного больше или приливы были выше, чем сейчас. Принимая во внимание все, что можно утверждать на этот счет, мы отмечаем тот факт, что скорость эрозии, очевидно, не увеличивается сколько-нибудь пропорционально количеству осадков. Там, где страна защищена своим естественным

растительным покровом, дождь попадает в ручьи, не оказывая сколько-нибудь значительного воздействия на поверхность земли, каким бы большим ни было количество осадков. Более того, приливы обладают небольшой силой прямого среза; они могут удалять только обломки, которые другие агенты привели в состояние, пригодное для уноса. Непосредственная режущая сила приливного движения, по-видимому, не намного больше в заливе Фанди, где максимальная высота волн достигает пятидесяти футов, чем на южном побережье Массачусетса, где диапазон не превышает пяти. Насколько может судить наблюдатель, климатические условия и другие факторы, влияющие на износ горных пород, в прошлом не сильно отличались от того, что происходит в настоящее время. Время от времени случались периоды чрезмерной эрозии; опять же, эпохи, в течение которых большие поля находились в условиях сильнейшей засухи. Однако справедливо предположить, что эти периоды в некотором роде уравнивали друг друга и что среднее состояние было во многом похоже на то, которое мы наблюдаем в настоящее время.

Если после изучения эрозионных явлений, проявляющихся в структуре земли, исследователь возьмется за изучение скоплений пластов и попытается определить время, необходимое для отложения отложений, он найдет аналогичные свидетельства великой древности земли. Хотя процесс отложения, который дал нам породы, видимые на массивах суши, был в значительной степени прерван, разрез, составленный путем группировки наблюдений, сделанных в различных областях, показывает, что за тот период геологического времени, в течение которого на полях, подлежащих нашему исследованию, было накоплено что-то вроде максимальной толщины слоев в сто пятьдесят тысяч футов. Хотя в этих породах есть много слоев, которые быстро формировались, большая их часть накапливалась чрезвычайно медленно. Многим мелким сланцам, подобным тем, которые в изобилии встречаются в девонских отложениях этой страны, должно быть, потребовалась тысяча лет или больше для отложения материалов, которые сейчас занимают дюйм в глубину. В этих разрезах один фут породы вполне может представлять период в десять тысяч лет. Для многих известняков скорость накопления вряд ли могла быть более быстрой. Подсчет должен быть приблизительным, но впечатление, которое подобные исследования производят на непредвзятого наблюдателя, сводится к тому, что тридцать миль или около того осадочных отложений не могли образоваться менее чем за сто миллионов лет. При таком расчете следует отметить, что не принимаются во внимание те большие промежутки незарегистрированного времени, которые, например, прошли между завершением лаврентийского и началом кембрийского периодов.

Есть третий способ, с помощью которого мы можем искать интерпретацию длительности у камней. На каждом последующем этапе истории земли, в разной степени в разные эпохи, формировались горы, которые со временем, в процессе воздействия на них условий местности, были стерты до корней и покрыты отложениями, накопленными в последующие эпохи. Можно легко наблюдать десяток или более из этих последовательно построенных рядов возвышенностей. Раньше считалось, что горные хребты образовались внезапно, но, однако, имеется достаточно свидетельств, подтверждающих, что эти нарушенные участки пластов смещались очень постепенно, скорость роста гор в прошлом

была, в общем, не выше, чем в наши дни, когда, как мы хорошо знаем, перемещения происходят настолько медленно, что их невозможно наблюдать. Только здесь и там, в результате землетрясений или других связанных с ними движений земной коры, мы находим какие-либо следы движения вверх, которое приводит к этим возвышениям. Хотя эти особенности роста гор не подлежат точным измерениям, они указывают на огромный промежуток времени, в течение которого формировались и стирались возвышенности.

Еще один и совершенно иной метод, с помощью которого мы можем получить некоторое представление о глубинах прошлого, следует искать в шагах, которые привели органическую жизнь от ее низших и самых ранних известных форм к нынешнему уровню развития. Рассматривая изменения видов, произошедшие с начала последней ледниковой эпохи, мы обнаруживаем, что изменения, произошедшие в органической жизни, были очень незначительными; ни один натуралист, получивший ясное представление о фактах, не подвергнет сомнению утверждение, что они не составляют и тысячной доли изменений, произошедших с лаврентийского времени. Автор придерживается мнения, что они не представляют и десятичной доли этих огромных изменений. Эти изменения ограничиваются в основном исчезновением нескольких форм и незначительными модификациями в ранее существовавших, которые сохранились до наших дней. Насколько мы можем судить, в этот последний великий период истории земли не произошло никаких значительных изменений в органическом ряду, хотя это был период, когда, как отмечалось ранее, все условия объединились, чтобы вызвать быстрые модификации как у животных, так и у растений. Если, таким образом, мы сможем определить продолжительность этого периода, то сможем получить показатель некоторой общей величины.

Хотя мы не можем сколько-нибудь точно измерить продолжительность событий, произошедших с тех пор, как последний ледниковый период пошел на убыль, изучение фактов, по-видимому, показывает, что для этого интервала нельзя считать менее ста тысяч лет. Некоторые из студентов, которые приблизились к этому предмету, склонны выделить период, по крайней мере, в два раза больший, чем необходимо для понимания перспективы, которую демонстрирует последовательность событий. Исходя из самой низкой оценки и считая органические изменения, происходящие в течение эпохи, равными тысячной части органических изменений, произошедших со времен лаврентийской эпохи, мы снова оказываемся перед лицом той непостижимой суммы, которая была обозначена физическими данными.

Здесь критики снова утверждают, что, возможно, в истории земли были периоды, когда изменения органической жизни происходили гораздо быстрее, чем на этом последнем этапе истории земли. Это предположение неприемлемо, поскольку оно не опирается ни на какие доказательства; более того, ему противопоставлен тот очевидный факт, что прогресс в органических рядах в последнее время был более быстрым, чем на любой стадии прошлого. Одним словом, все факты, с которыми имеет дело геолог, решительно

противоречат предположению, что земные изменения в органическом или неорганическом мире когда-либо происходили скачкообразно. Здесь и там, время от времени, несомненно, происходят локальные революции насильственного характера, но, насколько мы можем судить по аспекту настоящего или по записям прошлого, эти несчастные случаи строго локальны; земля продвинулась в своих изменениях во многом так же, как продвигается сейчас. Его революции были революциями порядка, а не случайности.

Первая обязанность натуралиста - принимать Природу такой, какой он ее находит. Он должен избегать предположений о каких-либо методах действия, которые не указаны ясно в фактах, которые он наблюдает. История его собственной и всех других наук ясно показывает, что опасность всегда возникает там, где в интерпретацию вводятся предположения относительно особых методов действия. Потребовалось много веков труда, прежде чем исследователи земли пришли к принятию принципа объяснения проблем, с которыми им приходилось иметь дело, с помощью доказательств, которые им предоставляла земля. Везде, где они полагались на свое воображение в качестве руководства, они впадали в ошибку. Те, кто пытается сократить наше представление о геологическом времени, предполагая, что в старину порядок событий был иным, чем тот, который мы наблюдаем сейчас, идут вразрез с лучшими традициями науки.

Хотя летопись жизни с начала кембрийского периода указывает на период по меньшей мере в сто миллионов лет, не следует предполагать, что это предел времени, необходимого для развития органических рядов. Все важные виды животных уже существовали в тот древний период, за исключением позвоночных, останки которых, по-видимому, сейчас прослежены примерно до кембрийского уровня. Другими словами, на стадии, когда мы впервые находим свидетельства существования живых существ, серия, к которой они принадлежат, уже поднялась очень далеко над уровнем безжизненной материи. Мало кто из натуралистов подвергнет сомнению утверждение о том, что половина работы по органическому развитию была выполнена в начале формирования кембрийских пород. Автор придерживается мнения, что развитие, имевшее место до этой эпохи, должно было потребовать гораздо более длительного периода, чем прошло с той эпохи до наших дней. Таким образом, мы приходим к выводу, что измерение продолжительности, обеспечиваемое органической жизнью, указывает на еще более длительный период событий и требует больше времени, чем, по-видимому, требуется для образования слоистых пород.

Показатель продолжительности, обеспечиваемый органическими рядами, вероятно, более достоверен, чем тот, который обнаруживается в осадочных слоях, и это по той причине, что записи этих слоев подвергались многочисленным и неизмеримым перерывам, в то время как развитие органической жизни по необходимости было совершенно непрерывным. Одна запись может быть в любой момент побита без прерывания последовательности; другая не допускает никаких нарушений непрерывности.

ЛУНА.

Расположенная на фоне земли, связанная с ней, но во многих отношениях контрастирующая с ней, Луна представляет собой наиболее выгодный объект для изучающего геологию. Он должен часто обращаться к ней за теми уроками, которые будут кратко отмечены.

В начале их общей истории материалы Земли и Луны, несомненно, образовывали одно парообразное тело, которое было отделено от концентрирующейся массы Солнца способом, указанным в очерке истории Солнечной системы. После того, как тело земля-луна собралось в туманную сферу, наиболее вероятно, что вокруг земли образовалось кольцо, напоминающее то, которое все еще существует вокруг Сатурна, которое со временем объединилось в спутник. С этого момента два тела были разделены, за исключением гравитационного притяжения, которое заставляло их вращаться вокруг их общего центра тяжести, и за исключением света и тепла, которыми они могли обмениваться друг с другом.

Первые стадии после разделения сфер земли и Луны, по-видимому, были по существу одинаковыми в каждом теле. Концентрируясь в своих центрах, они со временем становились текучими под действием тепла; далее они переходили в жесткое состояние — одним словом, они замерзали - по крайней мере, в своих внешних частях. На данном этапе их существования их истории совершенно расходятся; или, скорее, мы можем сказать, что развитие земли продолжалось в обширном развертывании, в то время как развитие Луны, по-видимому, было полностью остановлено способами, которые мы сейчас опишем.

Невооруженным глазом мы видим на Луне значительные различия в освещении различных частей ее поверхности; мы различаем, что более темные пятна кажутся грубо округлыми и что они сходятся по краям. Видя это немногое, древние вообразили, что на нашем спутнике есть моря и суши, подобные земле. Первые телескопы не развеяли их фантазий; даже в начале этого столетия были астрономы, которые верили, что Луна пригодна для жизни; более того, они надеялись найти доказательства того, что это было место обитания разумных существ, которые построили города и которые пытались сигнализировать своим интеллектуальным родственникам об этой планете. Однако, когда для исследования были применены сильные очки, эти приятные фантазии были грубо развеяны.

При наблюдении в телескоп лучшего типа выясняется, что Луна в значительной степени состоит из круглых впадин, каждая из которых окружена кольцеобразной стеной, с почти ровными, но неровными местами между ними. Самая большая из этих обнесенных стенами областей имеет около четырехсот миль в диаметре; отсюда они спускаются к мельчайшим ямкам, которые может обнаружить стекло, которые, вероятно, не превышают стольких футов в поперечнике. Автор, тщательно изучив эти ямы, пришел к выводу, что чем они шире, тем старше и тем меньше образовались последние. Грубые возвышенности вокруг этих ям — некоторые из которых достигают высоты десяти тысяч

футов и более - составляют основные топографические рельефы лунной поверхности. Помимо вышеупомянутых ям, на поверхности равнин и кольцеобразных хребтов имеются многочисленные разломы; на большинстве из них стенки разделились, образовав траншеи, мало чем отличающиеся от тех, которые мы находим в случае некоторых наземных разломов, таких как отмеченные у вулканов и в других местах. Возможно, что так называемые каналы Марса имеют ту же природу.

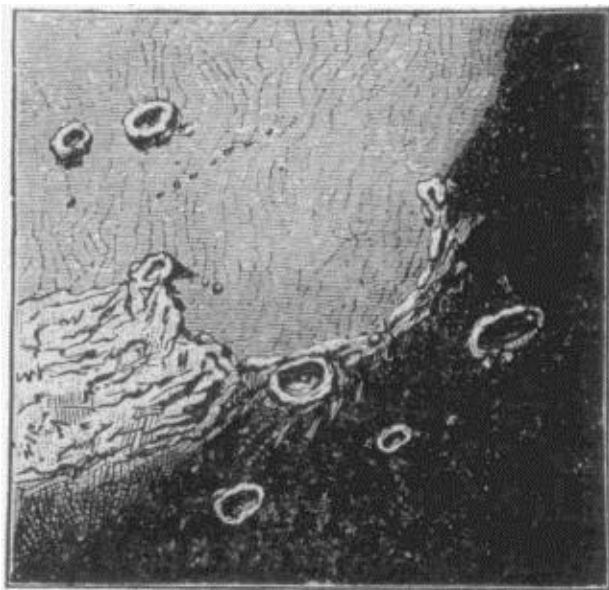


Рис. 23. Лунные горы близ залива Ирис.

Наиболее любопытной особенностью поверхности Луны являются полосы более светлого цвета, которые расходятся от некоторых вулканоподобных ям — ям меньшего размера и, вероятно, новейшего происхождения — простирающихся в некоторых случаях на пятьсот миль или более по поверхности. Эти световые полосы так и не получили адекватного объяснения. Наиболее вероятным представляется, что это пятна по бокам трещин, подобные тем, которые иногда наблюдаются около вулканов.

Выдающейся особенностью Луны является то, что она лишена какой-либо газовой или водной оболочки. О том, что здесь нет отчетливой атмосферы, ясно свидетельствует совершенно резкое и внезапное исчезновение света звезды, когда она заходит за Луну, и четкие линии края спутника во время солнечного затмения. Те же данные свидетельствуют об отсутствии водяных паров; более того, тщательные поиски, проведенные автором, показывают, что поверхность не имеет ни одного из тех непрерывных спусков, которые отмечают работу воды, текущей по суше. Почти вся поверхность состоит из неглубоких или глубоких ям, которые не могли образоваться под действием воды. Следовательно, мы должны не только заключить, что Луна безводна, но и что она находилась в таком состоянии с тех пор, как была сформирована та часть, которая обращена к нам.

Поскольку Луна, за исключением небольшого движения, называемого ее "либрацией", всегда обращена к нам одной и той же стороной, так что мы видим всего лишь около четырех седьмых ее поверхности, естественно было предположить, что невидимая сторона, которая, вероятно, находится на несколько миль ниже обращенной к нам, может иметь характер, отличный от того, который мы видим. Есть причины, по которым это маловероятно. Во-первых, мы видим на крайней границе Луны, когда либрация поворачивается самой дальней стороной к земле, край ряда огромных окруженных стенами ям, которых так много в видимой области; справедливо предположить, что эти кольца завершаются в невидимом царстве. На этой основе мы можем частично отобразить примерно треть скрытой стороны. Кроме того, существуют определенные полосы света,

которые, хотя и появляются на видимой стороне, очевидно, сходятся к некоторым точкам на другой. Разумно предположить, что, поскольку все остальные полосы расходятся от огороженных ям, они также начинаются от таких топографических особенностей. Таким образом, устанавливается определенное сходство скрытой области с той, которая видна, что делает вероятным то, что вся поверхность спутника имеет тот же характер.

Ясно, что поскольку большая часть Луны видна нам — действительно, так ясно, что можно нанести на карту любой участок ее поверхности, достигающий высоты пятисот футов, — интерпретация ее особенностей в свете геологии сопряжена с очень большими трудностями. Основные моменты кажутся достаточно ясными; они заключаются в следующем: поверхность Луны, какой мы ее видим, - это та, которая образовалась, когда это тело, выйдя из состояния текучести под воздействием тепла, образовало твердую кору. Ямки, которые мы наблюдаем на его поверхности, - это углубления, образовавшиеся по мере того, как масса постепенно переставала кипеть. Чем позже образуются эти отверстия, тем они меньше, как и было бы в случае такого замедления процесса кипячения.

Поскольку диаметр Луны составляет всего около одной четвертой диаметра Земли, ее объем составляет всего около одной шестнадцатой объема ее планеты; следовательно, она должна была остыть до точки затвердевания за много веков до того, как большая сфера достигла этого состояния. Вполне вероятно, что то же самое неизменное лицо, которое мы видим, миллионы лет смотрело вниз, на землю, которая все еще была бурлящей огненной массой. Одним словом, всей той огромной истории, которая прослеживается в камнях под нашими ногами, которая продолжается в морях и на суше и продлится невообразимо долго, наш спутник был лишен по той причине, что на нем не было воздуха, с помощью которого можно было бы улавливать солнечное тепло, и воды, с помощью которой можно было бы использовать солнечную энергию для эволюционных процессов. Тепло, приходящее на Луну в такой же степени на каждую равную площадь, как и на землю, сразу же улетучивается с безвоздушной поверхности, самое большее, давая ей временное тепло, но не вызывая геологической работы, если только это не небольшое движение от расширения и сжатия горных пород. В течение веков, в течение которых Луна оставалась такой безжизненной, земля, благодаря своему воздуху и воде, использовала огромное количество солнечной энергии для геологических работ по развитию своих геологических особенностей и для процессов органической жизни. Таким образом, мы видим фундаментальную важность изменчивых оболочек нашей сферы, то, насколько решительно они определили ее историю.

Было бы интересно рассмотреть причины, приведшие к отсутствию воздуха и воды на Луне, но этот вопрос является одним из наиболее дискуссионных из всех, относящихся к этой сфере; поэтому нам придется довольствоваться приведенными выше краткими утверждениями относительно обширных и далеко действующих последствий, возникших из-за отсутствия этих оболочек у нашего ближайшего небесного соседа.

МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ГЕОЛОГИИ.

Насколько возможно, предыдущие страницы с помощью метода, принятого при изложении фактов, послужат для того, чтобы показать изучающему способы, с помощью которых он может наилучшим образом попытаться проследить порядок событий, проявляющийся в явлениях земли. Следуя разработанному плану, мы теперь рассмотрим некоторые особые моменты, на которые необходимо обратить внимание тем, кто хочет перенять методы геолога.

В начале своих исследований исследователю, возможно, было бы неплохо отметить тот факт, что знакомство с окружающим миром во всех случаях приводит человека к определенному пренебрежению и презрению ко всем знакомым проявлениям Природы. Мы неизбежно забываем, что эти светящиеся точки на небосводе - огромные солнца, и упускаем из виду тот факт, что почва под нашими ногами - это не просто грязь, а удивительная структура, более сложная по своим процессам, чем химическая лаборатория, из которой черпается пища для нашей собственной и всех других жизней. Мы ощущаем наши собственные тела как дорогую, но обыденную собственность, хотя нам следовало бы понимать их как наследие непостижимого прошлого, которое пришло к нам через десятки тысяч различных видов и сотни миллионов индивидуальных предков. Мы должны не обращать внимания на эти вещи в нашей обычной жизни. Если бы мы могли принять их во внимание, каждая душа несла бы вселенную как интеллектуальное бремя.

Однако полезно время от времени размышлять об истине и заставлять себя видеть, что вся эта кажущаяся простой и заурядной мешанина окружающего нас мира является частью обширной череды событий, выходящих из тьмы прошлого и уходящих за пределы света настоящего дня. Даже в своей профессиональной деятельности натуралист по необходимости придерживается банального подхода к фактам, с которыми он имеет дело. Если он астроном, он составляет каталог звезд, отдавая себе отчета в их необъятности не больше, чем владелец магазина отдает отчет в своих товарах. Тем не менее, истинная польза любого обучения заключается в широте понимания, которое оно развивает в человеке. Периоды роста знаний - это те, в которые ум, обогащенный своим запасом, расширяет свои представления, в то же время избегая банальных способов мышления. После этого краткого упоминания о том, что на сегодняшний день является наиболее важным принципом руководства, которому может следовать студент, мы обратимся к вопросам метода, которому студент должен следовать в своей обычной работе.

Почти все учащиеся сталкиваются с трудностями, которые мешают им приобрести какие-либо широкие представления об окружающем их мире. Это связано с тем, что они не могут составить и сохранить в памяти четкие картины того, что они видят. Они запоминают слова, а не вещи — на самом деле, языковое обучение, которое является столь важной частью образования, имеет тенденцию постоянно уменьшать элемент зрительной памяти. Первая задача студента, который хочет стать натуралистом, состоит в том, чтобы извлечь свои знания из предмета и запомнить их с помощью ментальной картины предмета. Во всем существующем образовании, независимо от того,

руководствуется ли ученик своим собственным пониманием или пониманием учителя, первой и очень постоянной целью должно быть привитие привычки вызывать в памяти очень отчетливые образы всех объектов, которые желательно запомнить. С этой целью ученик должен потренироваться, пристально глядя на пейзаж или любой другой объект; затем, отвернувшись, он должен попытаться вспомнить то, что он видел. Через мгновение впечатление от взгляда должно быть повторено, и изучение воспоминания возобновлено. Автор знает по собственному опыту, что даже у людей среднего возраста, которым трудно выработать новые привычки, такая целенаправленная тренировка может значительно увеличить способность памяти воспринимать и воспроизводить образы, которые считаются важными. Практика такого рода должна составлять часть повседневной жизни каждого натуралиста. По истечении определенного времени это не обязательно делать сознательно. Движения мысли и действия действительно станут такими же автоматическими, как те, которые тренированный фехтовальщик совершает рапирой.

Наряду с привычкой визуализировать воспоминания и сохранять их без использования слов, ученик должен стремиться расширить свои способности к представлению пространств и направлений в том виде, в каком они существуют в окружающей его области. Среди дикарей и животных, стоящих ниже человека, это понимание пространственных отношений очень четкое и сильное. Это позволяет первобытному человеку находить дорогу в непроходимом лесу, а почтовому голубю находить свою пару и место обитания на расстоянии сотен миль. Однако у цивилизованных людей привычка к дому и улице и неиспользование древней свободы притупили, а в некоторых случаях почти уничтожили, всякое представление об этой форме внешнего мира. Сейчас будет изложен наилучший тренинг для восстановления этой драгоценной способности.

Ученик должен начать с составления карты в истинном масштабе, какой бы приблизительной ни была выполненная работа, тех особенностей окружающей его земли, с которыми он обязательно наиболее хорошо знаком. Задание вполне можно начать с его собственного жилища или классной комнаты. Затем его можно расширить, включив в него план соседних улиц или полей. Сначала следует указать только направления и расстояния. По прошествии времени к этим указаниям на карте должны быть добавлены линии, обозначающие в общих чертах контуры, или линии, образованные горизонтальными плоскостями, пересекающими территорию, подлежащую разграничению. Достигнув определенного грубого навыка в такой работе, ученик может с пользой совершать экскурсии в районы, которые он может увидеть только в спешке. По пути он должен постараться отметить на эскизной карте расположение холмов и ручьев, а также направления дорог. Год практики на каникулах в такой работе, если задачи занимают где-то около ста часов его времени, значительно расширит или пробудит то, что можно назвать топографическим чувством, и позволит ему распределить в пространстве наблюдения за природой, которые он может производить.

В своей более подробной работе студент должен выбрать какую-то конкретную область для своего исследования. Если он особенно интересуется геологическими явлениями, ему лучше всего начать с обозначения двух классов фактов — тех, которые проявляются в горных породах в том виде, в каком они на самом деле проявляются в состоянии покоя, как показано на обнажениях по соседству с ним, и тех, которые проявляются в активных

проявлениях геологической работы, распаде горных пород и транспортировке их отходов, или, если условия благоприятствуют, в сложных явлениях на морском побережье.

Как только ученик начинает наблюдать, он должен начать записывать свои занятия. Для новичка в любой науке письменные, а особенно набросанные заметки имеют первостепенное значение. Они, будь то словами или рисунками, должны быть сделаны перед лицом фактов; их действительно следует записывать в конце наблюдения, хотя и не раньше, чем наблюдатель почувствует, что объект, который он изучает, дал ему все, что он может дать на данный момент. Уместно отметить, что там, где запись делается в начале исследования, учащийся склонен чувствовать, что он в некотором роде обязан привести все, что он может увидеть, в соответствие с тем, что он написал сначала. По своему раннему опыту работы преподавателем писатель привык, что студенты сравнивают свою работу по наблюдению и очерчиванию с работой, выполняемой обученными людьми на той же территории. Теперь ему кажется, что новичку на первых порах лучше избегать любых ссылок на свои собственные работы и работы других. Потребность в развитии независимого мотива настолько велика, что лучше с самого начала допустить много грубых ошибок, чем добиваться точности, доверяя лидеру. Умелый учитель может дать подходящие слова предостережения, которые могут помочь ученику найти истинный путь, но любое упоминание его начинаний о шедеврах, несомненно, породит рабскую привычку. Поэтому такие сравнения уместны только после того, как у вас хорошо сформирована привычка к свободной работе. Студент, который может позволить себе помощь магистра или, что еще лучше, помощь многих других, какую предлагают некоторые из наших университетов, должен во что бы то ни стало воспользоваться этим ресурсом. Больше, чем любая другая наука, геология, из-за сложности соображений, с которыми ей приходится иметь дело, зависит от методов труда, которые в значительной степени традиционны и которые, действительно, не могут быть хорошо переданы, кроме как личным путем. В явно ограниченных науках, таких как математика, физика или даже в тех, которые имеют дело с органическими телами, методы работы могут быть настолько широко изложены в печатных инструкциях, что учащийся может в значительной степени овладеть надежными способами работы без помощи учителя.

Хотя существует обширная и важная литература по геологии, большая ее часть носит совершенно специальный характер и не даст новичку никакой существенной информации вообще. Только после того, как он познакомится с областью, с которой он может работать на самом деле, он сможет перенести приобретенный таким образом опыт на другие территории. Следовательно, помимо приятных представлений, которые он может получить, прочитав некоторые общие работы по этой науке, студент должен в начале своего исследования ограничить свою работу, насколько это возможно, своей областью практики, используя хороший учебник, такой как Руководство Даны по геологии, в качестве источника предложений относительно проблем, которые может предложить его область.

Главная цель ученика в этой, как и в других областях исследования, состоит в том, чтобы приобрести практику в следовании естественному ряду действий. Первоначальному человеку феноменальный мир представляется простой фантазмагорией, обширным

зрелищем, в котором видимые вещи связаны друг с другом только тем фактом, что они сразу попадают в поле зрения. Цель науки состоит в том, чтобы предугадать порядок этого воинства, способы, которыми оно выстраивается в своем поступательном движении, и цели, к которым, по-видимому, направлено его шествие. До тех пор, пока ученик хорошо наблюдает и, таким образом, приобретает четкое представление об отдельных фактах, он имеет все шансы собрать данные знания, которые могут оказаться полезными; но реальная ценность этих различений не будет достигнута до тех пор, пока наблюдения не будут объединены, чтобы создать что-то с перспективой. До тех пор, пока хранилище отдельных фактов не будет организовано таким образом, это всего лишь грубый материал для размышлений; это не наука в истинном смысле этого слова, так же как запас камня и известкового раствора не является архитектурой. Когда ученик развивает аппетит к пониманию порядка и источников энергии в явлениях, он проходит свое послушничество и становится одним из тех счастливых людей, которые не только видят то, что воспринимается массой их собратьев, но и способны видеть сквозь те цепочки действий, которые, будучи понятыми, служат рационализации и облагораживанию всего, что чувства человека с помощью инструментов, которые он изобрел, сообщают нам о видимом мире.

[1] Некоторые астрономы, в частности выдающийся профессор Ньюкомб, считают, что солнце не могло обеспечивать теплом, как в настоящее время, более десяти миллионов лет, и что таким образом все геологическое время должно быть ограничено. Геолог считает, что этот расчет слишком краток.

[2] Смотрите "Популярную астрономию" Ньюкомба, стр. 234. Харпер Бразерс, Нью-Йорк.

[3] Автор настоящего исследования провел расширенное и тщательное изучение болот и болотных явлений и очень хорошо знаком с аспектом этих полей в ночное время. Ему так и не удалось увидеть никаких признаков света фонаря-Джека. Пристально глядя в любую темноту, например, в глубину леса, глаз склонен представлять себе появление слабых огоньков. Те, кому приходилось нести службу на заставе в армии, знают, как встревоженному часовому, особенно если он новичок в солдатском ремесле, часто кажется, что он видит перед собой огни. Иногда пикетчики будут настолько убеждены в том факте, что они видят огни, что будут стрелять по фикции своего воображения. Эти факты позволяют предположить, что Джек-о-фонарь и его спутник Блуждающий огонек - это истории о чрезмерно разборчивых людях.

[4] Этот принцип сферической формы падающих жидкостей используется при изготовлении обычной дробы для птиц. Расплавленный свинец капает через отверстия, похожие на сита, и образующиеся металлические шарики падают в воду, которая охлаждает их. Железная дробь, используемая при резке камня, когда она помещается между пилой и поверхностью породы, также изготавливается таким же образом. Нисходящая жидкость распадается на капли, потому что ее вытягивает постоянно увеличивающаяся скорость падающих частиц, которые вскоре делают струю настолько тонкой, что она не может удерживаться вместе.

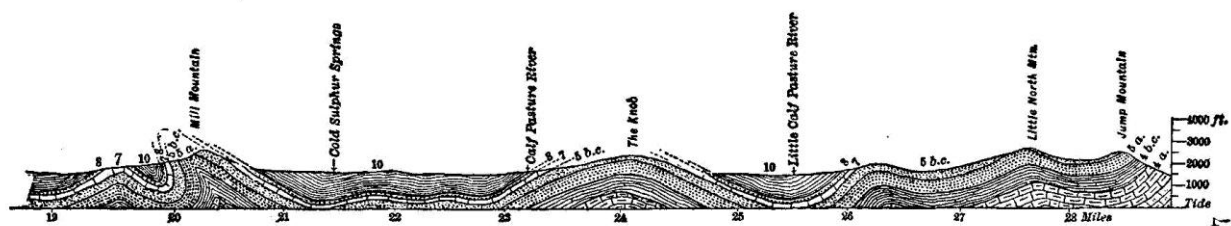
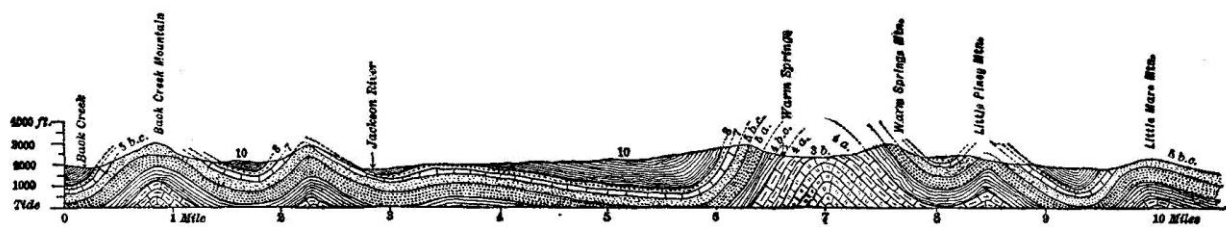
[5] В некоторых относительно редких случаях отложения соли образуются в лагунах вдоль берегов засушливых земель, где море иногда прорывается через пляж в бассейн, выпуская воду, которая испаряется, оставляя после себя соль.

[6] На некоторых полях с постоянным выпадением снега, особенно вблизи их границ, на замерзшей поверхности могут развиваться некоторые очень скромные формы растительной жизни, питающиеся из воздуха и снабжаемые водой в результате таяния, которое происходит летом. К этим формам относится редкое явление, называемое красным снегом.

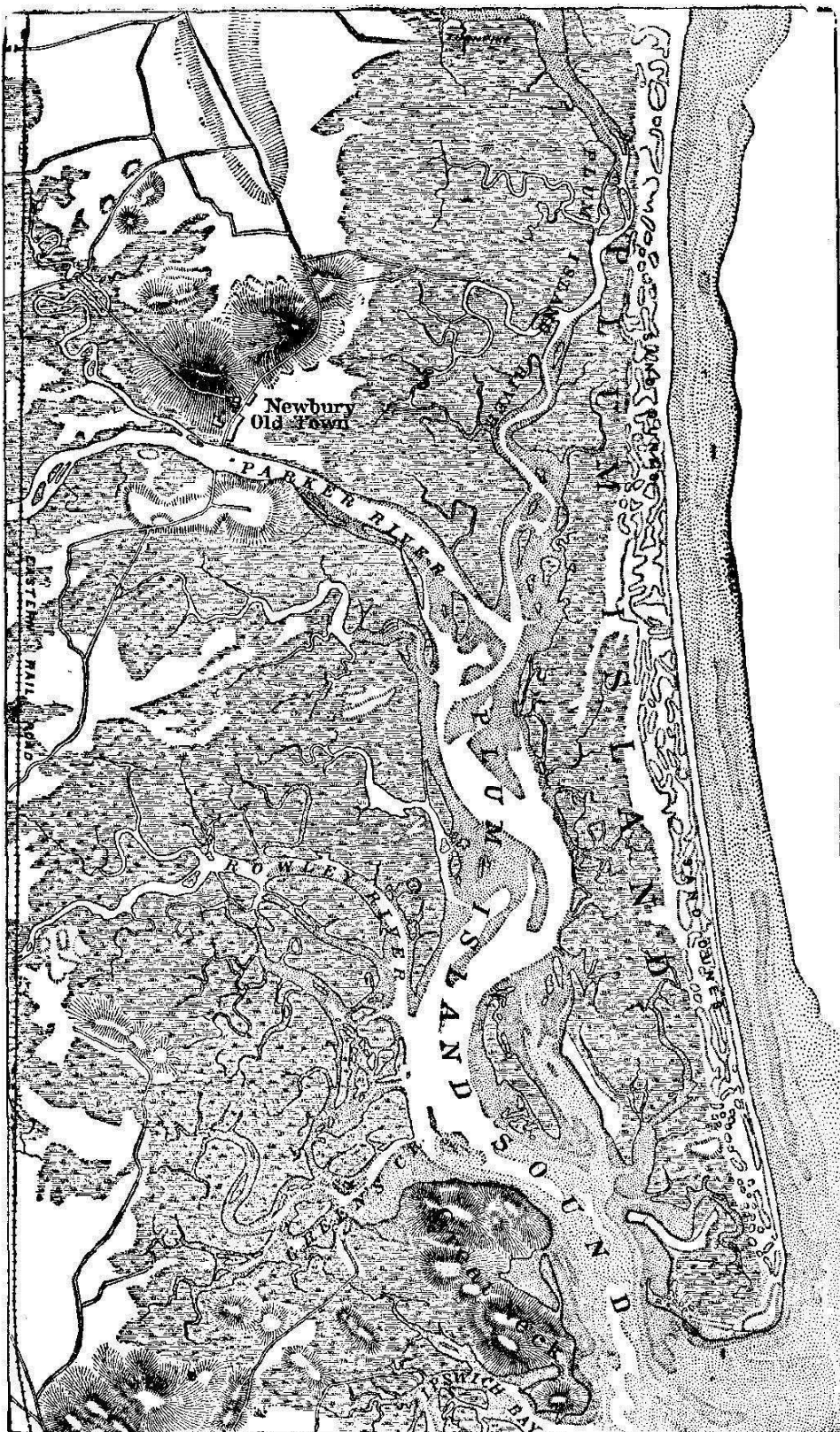
[7] Сообщается, что один из этих естественных мостов в округе Картер недавно обрушился. Это естественное завершение этих особенностей. Как отмечалось ранее, это всего лишь остатки гораздо более обширных крыш, которые были разрушены в результате процессов разрушения.

[8] Я рискну использовать это слово вместо фразы "выделяющий лаву" по той причине, что этот термин необходим при описании вулканов.

[9] Отчасти превосходный послужной список Везувия объясняется тем фактом, что с ранних христианских веков священники святого Януария, покровителя Неаполя, имели обыкновение нести его мощи в процессии всякий раз, когда начиналось извержение. Прекращение вспышки было записано на счет святого, и, таким образом, мы получили длинную историю последовательных вспышек.



[Назад](#)



[Назад](#)